Münster.1932.№7 Phil. Diss.

Chemie

Röntgenographische Untersuchungen über Ferrite und Spinelle

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der philosophischen Doktorwürde
der Philosophischen und Naturwissenschaftlichen
Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität
zu Münster in Westfalen

vorgelegt von

Wilhelm Eilert

aus Herne i. Westf.

Tag der mündlichen Prüfung: 21. Mai 1931
Dekan: Herr Prof. Dr. R. Schmidt
Referent: Herr Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. R. Schenck

Rocholsche Buchdruckerei W. Jahn, Soest
1931.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen Eltern!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555425_0084

Röntgenographische Untersuchungen über Ferrite und Spinelle.

Einleitung.

Zahlreiche Arbeiten, die aus der Metallforschungsabteilung des Chemischen Institutes der Universität Münster unter Leitung von R. Schenck hervorgegangen sind, hatten die Aufgabe, eine Klärung herbeizuführen über die Lage der Oxydations- und Reduktionsgleichgewichte beim Eisen unter einer Kohlenmonoxyd—Kohlendioxydatmosphäre in Gegenwart von Zuschlägen. Diese systematischen Untersuchungen[1]) ermöglichten es, die gesamten Beziehungen des Systems Eisen—Kohlenstoff—Sauerstoff eindeutig festzulegen. — Eine eingehende Behandlung dieser Untersuchungsergebnisse würde an dieser Stelle zu weit führen. Sie sollen nur soweit Berücksichtigung finden, als sie die Veranlassung zu den röntgenographischen Untersuchungen der vorliegenden Arbeit gegeben haben.

Als nämlich die Versuche des isothermen Abbaues von Eisenoxyd mittels Kohlenmonoxyd in Magnesiumoxydgeräten durchgeführt wurden, ergaben sich bei Temperaturen von 600—1000° Störungen, die an eine Beeinflussung durch das Gefäßmaterial denken ließen. Bei der Erforschung dieser Zusammenhänge lag die Erwartung nahe, daß auch noch andere Oxyde, die sich dem Eisenoxyd gegenüber nicht indifferent verhielten, ähnliche Gleichgewichtsverschiebungen herbeiführen würden wie das Magnesiumoxyd. Da es auch für die Metallurgie von großer Wichtigkeit ist, eine Klärung zu erhalten über das Verhalten des Eisen-

[1]) R. Schenck,
1. Zeitschr. f. anorg. u. allg. Ch. 164. 145 u. 313. (1927)
2. „ „ „ „ „ „ 166. 113—154. (1927)
3. „ „ „ „ „ „ 167. 254 u. 315. (1927)

oxyds bei Gegenwart fremder Substanzen, so wurde durch systematische Untersuchungen an die Lösung dieser Aufgabe herangetreten.

Hierbei zeigte sich eine unerwartete Fülle neuer Erscheinungen, die durch eine Beeinflussung des Eisenoxyds durch die Zuschläge bei hoher Temperatur, durch Bildung neuer Verbindungen oder fester Lösungen, ihre Erklärung finden konnten.

Zur Beleuchtung der ganzen Verhältnisse bei den verschiedenen Bodenphasen mußte eine röntgenographische Untersuchung sich als fruchtbringend erweisen; denn eine eindeutige Feststellung, ob zwischen Eisenoxyd und den fremden Oxyden die Bildung einer Verbindung oder einer festen Lösung eingetreten war, ist wohl am besten auf diesem Wege zu erlangen, da die chemische Analyse eine sichere Entscheidung nicht erlaubt. Denn gerade die Röntgenanalyse gestattet es, die veränderte Anordnung der Atome, wie sie bei der Bildung einer chemischen Verbindung aus ihren Komponenten eintritt, mit Sicherheit zu erkennen, da jede neue Atomanordnung auf dem Film ein bestimmtes, nur ihr eigenes Diagramm erzeugt.

Darstellung der Präparate.

Von den Oxyden, die bei metallurgischen Operationen eine Verschiebung der Gleichgewichtsverhältnisse des Systems Eisen—Sauerstoff—Kohlenstoff bewirkten, konnten bisher die Systeme des Eisenoxyds mit Calciumoxyd, Magnesiumoxyd, Zinkoxyd, Berylliumoxyd, Chromoxyd und der Tonerde erforscht werden.

Diese Gemische wurden dann später einer röntgenographischen Untersuchung unterworfen.

Aus je einem dieser Oxyde und dem Eisenoxyd wurden Mischungen von möglichst extremer Zusammensetzung hergestellt, und zwar vom System Fe_2O_3:CaO in fünf, von allen übrigen in drei Verhältnissen, die zuletzt noch genau analysiert wurden. Zu diesem Zwecke wurden die reinen Nitrate in Wasser gelöst, in geeigneten Verhältnissen gemischt und durch Auftropfen auf eine glühende Platinschale eingedampft, wobei zur Erlangung einer möglichst großen Homogenität ständig umgerührt wurde. Zuletzt wurde der Rückstand im Achatmörser fein verrieben und in kleinen Portionen im elektrischen Ofen durch Glühen in Oxyde verwandelt.

Die auf diese Weise dargestellten Präparate waren genügend fein und homogen. Als Ausgangsprodukte kamen nur reinste Merck'sche Präparate in Anwendung.

Die auf diese Weise mit den Zuschlägen hergestellten Mischungen besaßen folgende Zusammensetzung:

System $Fe_2O_3 : ZnO$:

I. $Fe_2O_3 . 10ZnO$,
II. $Fe_2O_3 . ZnO$,
III. $2Fe_2O_3 . ZnO$.

Die chemische Analyse ergab für Fe_2O_3 folgende Werte:

I. 21.28
II. 77.98 % Fe_2O_3.
III. 85.12

System $Fe_2O_3 : MgO$:

I. $Fe_2O_3 . 10MgO$,
II. $Fe_2O_3 . MgO$,
III. $2Fe_2O_3 . MgO$.

Für Fe_2O_3 ergaben sich folgende Analysenwerte:

I. 28.37
II. 81.15 % Fe_2O_3.
III. 90.0

System $Fe_2O_3 : Al_2O_3$:

I. $Fe_2O_3 . 10Al_2O_3$,
II. $Fe_2O_3 . 3Al_2O_3$,
III. $1{,}5Fe_2O_3 . Al_2O_3$.

Die Werte für Fe_2O_3 sind folgende:

I. 13.0
II. 33.3 % Fe_2O_3.
III. 69.54

System $Fe_2O_3 : Cr_2O_3$:

I. $Fe_2O_3 . 10Cr_2O_3$,
II. $Fe_2O_3 . 2Cr_2O_3$,
III. $3Fe_2O_3 . Cr_2O_3$.

Die Werte für Fe_2O_3 sind folgende:

I. 22.2
II. 48.62 % Fe_2O_3.
III. 90.0

Bei der Herstellung der kalkhaltigen Präparate konnte dieser Weg nicht benutzt werden, da die eingedampften Nitratmassen äußerst hart waren und nur sehr schlecht zerkleinert werden konnten. Die große Härte erschwerte auch die Überführung der Nitrate in Oxyde. Merck'sche Präparate von reinstem Ferri- und Calciumnitrat wurden in Lösung gebracht, und in dünnem Strahle unter dauerndem Umrühren in eine siedend-heiße Ammoniumkarbonatlösung einfließen lassen. Der dabei entstehende Niederschlag von Eisenhydroxyd und Calciumkarbonat bildete ein inniges Gemenge. Er wurde filtriert, ausgewaschen und nach dem Trocknen durch scharfes Glühen vollkommen in Oxyde übergeführt. Die letzten Carbonatreste wurden beim Erhitzen im Vacuum auf 900° gänzlich zerstört. Bei den kalkhaltigen Konzentrationen erwies es sich als notwendig, fünf verschiedene Mischungen herzustellen, deren Zusammensetzung annähernd folgenden Verhältnissen entsprach:

I. $Fe_2O_3 . 10CaO$,
II. $Fe_2O_3 . 3CaO$,
III. $Fe_2O_3 . CaO$,
IV. $1.5Fe_2O_3 . CaO$,
V. $3Fe_2O_3 . CaO$.

Die chemische Analyse ergab für den Fe_2O_3-Gehalt folgende Werte:

I. 23.6
II. 50.4
III. 74.87 % Fe_2O_3.
IV. 80.7
V. 90.79

Bei der Darstellung der bisher genannten Körper konnten reinste Merck'sche Präparate sofort verwendet werden. Bei der Darstellung der berylliumoxydhaltigen Körper ergab sich bei der Analyse reinsten Berylliumoxyds von Merck eine geringe Verunreinigung durch Eisenoxyd und Tonerde. Da die geringen Mengen des Eisenoxyds bei der Untersuchung des schon stark eisenoxydhaltigen Körpers nicht stören würden, handelte es sich also nur um das Aluminiumoxyd, für dessen restlose Entfernung unbedingt gesorgt werden mußte, da nach den Versuchen von H. Franz eine geringe Menge Aluminiumoxyd einen merklichen Einfluß hat. Die quantitative Entfernung der Tonerde geschah

nach dem von Moser und Nießener[1]) angegebenen Verfahren. Die Trennung beruht darauf, daß aus schwach schwefelsaurer Lösung auf Zusatz von Ammoniumacetat-Tanninlösung die $Al(OH)_3$-Tanninverbindung ausfällt. Aus der Lösung konnte dann mit Ammoniak reines Berylliumhydroxyd gefällt werden, das aber wegen seines gallertartigen Zustandes sich nur schwer waschen ließ, und deshalb durch Kochen mit Ammoniak am Rückflußkühler in den mikrokristallinen Zustand übergeführt wurde. Die weitere Verarbeitung erfolgte über die Nitrate. Durch Glühen derselben erhielt man das Oxydgemisch. Die Konzentrationsverhältnisse waren folgende:

I. $Fe_2O_3 . 18BeO$,
II. $Fe_2O_3 . BeO$,
III. $2Fe_2O_3 . BeO$.

Für Fe_2O_3 ergaben sich folgende Werte:

I. 26.04
II. 80.07 % Fe_2O_3.
III. 90.77

Beschreibung der Apparatur.

Vor dem Beginn der Röntgenuntersuchung wurden die Mischungen stets nochmals zwei Stunden lang im Sauerstoffstrom auf 1000° C erhitzt, um möglichst scharfe Diagramme zu erhalten. Für die Untersuchungen kam nur das Verfahren von Debye-Scherrer in Frage. Diese Methode beruht darauf, daß nicht nur ein einzelner, großer Kristall, sondern auch eine Anhäufung von kleinen, regellos durcheinanderliegenden Kriställchen bei Durchstrahlung mit monochromatischen Röntgenstrahlen Anlaß zur Entstehung der Röntgeninterferenzen gibt, die auf einem ringförmig um das Präparat gelegten Film kreisähnliche Kurven abbilden. — Als Strahlungsquelle diente ein Media-Elektronenrohr mit Eisenantikathode und Lindemannfenster. Eine Eisenstrahlung erwies sich schon wegen der Untersuchung eisenhaltiger Präparate als erforderlich und hatte zugleich noch den Vorteil, daß die langwellige Eisenstrahlung ein großes Auflösungsvermögen besitzt; ein Vorteil, der durch eine Kamera mit großem

[1]) Monatshefte f. Chemie 48, 120. (1927)

Durchmesser noch besonders vorteilhaft ausgenutzt werden konnte. Da bei diesen Arbeiten die Kamera möglichst groß gewählt werden mußte, um eine eventuelle geringe Änderung der Gitterabstände feststellen zu können, so konnten die genannten Vorteile nur mit Verlängerung der Expositionszeit erkauft werden, da die langwellige Strahlung des Eisens in Luft stark absorbiert wird. Die Belichtungszeit betrug bei diesen Aufnahmen durchschnittlich zehn Stunden; gelegentlich waren auch längere Zeiten erforderlich.

Als Debyekamera diente hier wegen seines großen Durchmessers der Apparat für Drehkristallaufnahmen von Glocker. Die Zentrierung der Präparate erfolgte bei langsamer Drehung der vertikalen Achse durch Beobachtung mit einem Binokularmikroskop. Zum Antrieb der Drehachse war ein kleiner Motor angebracht, der aber hier nicht unbedingt nötig war. Das Drehen ist bei sehr feinkristallinem Pulver nicht erforderlich, da ein solches dem Röntgenstrahlenbündel genügend Kriställchen in reflexionsfähiger Lage darbietet, um eine gleichmäßige Durchzeichnung der Debyeringe zu erreichen. Als Aufnahmematerial wurden empfindliche, beiderseitig begossene Agfa-Röntgenfilme verwendet. Der Film selbst wurde vor der Exposition in eine Hülle aus schwarzem, lichtdichtem Papier gewickelt und in die Kamera fest eingelegt. Ein gutes Anliegen des Films bildet die Voraussetzung für eine genaue Ausmessung der Linien. Für alle Aufnahmen wurde aus demselben Grunde stest die gleiche Hülle benutzt.

Die Zubereitung des Stäbchens geschah zunächst in der Weise, daß das Kristallpulver in dünnwandige Glaskapillaren gepreßt wurde, die auf der vertikalen Achse der Kamera befestigt wurden. Nach der Exposition stellte sich heraus, daß die Interferenzen auf dem Film noch ziemlich schwach waren. Die Glaskipillaren schienen also den wenig durchdringungsfähigen Eisenstrahlen ein zu großes Hindernis entgegen zu stellen.

Aus diesem Grunde wurden Stäbchen hergestellt aus einer Mischung des Pulvers mit Zaponlack, die nach dem Erhärten des Lackes aus einer zylindrischen Düse ausgestoßen wurden. Die auf diese Weise hergestellten Stäbchen wurden direkt auf der Achse der Kamera befestigt und zeigten bei der Aufnahme den gewünschten Erfolg.

Die Ausmessung der Ringdurchmesser auf dem Film geschah mit Hilfe eines Komparators, bei dem durch Schlittenverschiebung

mit Mikrometerschraube und mikroskopischer Beobachtung eine hinreichende Genauigkeit erreicht werden konnte. Zur Ermittlung der wahren Ringdurchmesser war bei der langwelligen Eisenstrahlung die Absorption der Strahlung im Stäbchen zu berücksichtigen. Von den verschiedenen angegebenen Formeln wurde die Absorptionskorrektion nach Hadding gewählt:

$$2\,r_{korr.} = 2\,r_{a} - 2\,\rho$$

Nach demselben Verfahren war vorher die Kamera geeicht worden. Hierbei bedeuten $2\,r_a$ den äußeren Durchmesser des Debyeringes und $2\,\rho$ den Durchmesser des Kristallstäbchens, der im vorliegenden Falle stets 1.5 mm betrug. Es waren daher nur die Ringdurchmesser, gemessen an den Außenkanten, zu ermitteln und von diesen der Durchmesser des Stäbchens = 1.5 mm zu subtrahieren.

Die Expositionszeit ist bei jeder der Aufnahmen, deren Ergebnisse hier folgen sollen, genau angegeben.

Untersuchungen über das System $Fe_2O_3 : ZnO$.

Von folgenden Gemischen wurden röntgenographische Aufnahmen angefertigt:

1. Aufnahme: Fe_2O_3.
2. „ : $2Fe_2O_3 . ZnO$.
3. „ : $Fe_2O_3 . ZnO$.
4. „ : $Fe_2O_3 . 10ZnO$.
5. „ : ZnO.

(Tabellen Seite 42—46; Tafel 1a.)

Die Zahlenwerte dieser ausgemessenen Diagramme sind am Schluß der Arbeit angegeben.

Aus den Arbeiten von J. Guillissen und Richard[1]) wissen wir, daß sich schon bei einer Temperatur von 620—650° aus den beiden Komponenten ZnO und Fe_2O_3 der Spinell $ZnO . Fe_2O_3$ oder auch $Zn(FeO_2)_2$ bildet. Um seine Existenz mit Hilfe der röntgenographischen Methode nachzuweisen, galt es, seine charakteristischen Debyeringe aufzufinden und von den Ringen des Fe_2O_3 und ZnO zu trennen. Zur besseren Übersicht wurde das Ringsystem der

[1]) Bull. Acad. Roy. Belg. Classe Sciences 5,13, 238—40.

oben angeführten Diagramme auf Millimeterpapier abstandsgetreu aufgezeichnet.

Da jede Verbindung ein eigenes Gitter und damit ein besonderes Liniensystem besitzt, so müssen sich diese auf den Diagrammen einzeln wiederfinden. Eine etwa neu gebildete Verbindung muß mit einem neuen Gitter auch ein neues Liniensystem liefern. Die Röntgenaufnahmen eines Präparates, das durch Erhitzen eines Gemisches von Eisen- und Zinkoxyd auf hohe Temperatur hergestellt war, zeigen uns ein Diagramm, das von dem der Ausgangskomponenten völlig verschieden ist. Es sind an den verschiedensten Stellen neue Linien aufgetreten, die in den Diagrammen von Fe_2O_3 und ZnO fehlten, ein sicherer Beweis für die Bildung des Zinkferrits. Diese neuen Linien sind in der Zeichnung des Systems Eisenoxyd—Zinkoxyd leicht erkenntlich.

Aus den Arbeiten von Carl E. Swartz und Francis C. Krauskopf[1]) wissen wir, daß der Zinkferrit oder auch der künstliche Franklinit in verdünnten Säuren unlöslich ist. Es wurde nun die Mischung $Fe_2O_3 . 10$ ZnO stark erhitzt und das überschüssige ZnO mit warmer verdünnter Schwefelsäure herausgelöst. Der Rückstand wurde getrocknet und nochmals scharf geglüht. Das von diesem Rückstand erhaltene Diagramm enthielt nur noch die bereits auf anderem Wege erhaltenen Linien des Zinkferrits und war frei von den Linien des Eisen- und Zinkoxyddiagramms. Auf diese Weise wurden auch noch diejenigen Debyeringe erhalten, die mit den Linien der einzelnen Komponenten koïnzidierten.

Es sei hier das genau durchgerechnete Diagramm der Verbindung $ZnO . Fe_2O_3$ angegeben.

[1]) Trans. Amer. Inst. Mining metallurg. Engineers 76, 465—93. (1928)

$ZnO \cdot Fe_2O_3$.

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	ϑ beobacht.	Reflekt. Netzebene	$\sin^2\vartheta$ beobacht.	$\sin\vartheta$	$\sin\vartheta$ $(\frac{1000}{2})$	Ktlg a in Å
1. = 2. β	s.	74.6	73.1	17.04°	(022) β	0,08581	0,2929	146.4	
2.	m.	82.3	80.8	18.85°	(022)	0,1044	0,3231	161.5	8.457
3. = 4. β	m.	87.6	86.1	20.12°	(113) β	0,1183	0,3439	171.9	
4.	st.	96.7	95.2	22.29°	(113)	0,1438	0,3792	189.6	8.449
5.	s. s.	101.2	99.7	23.38°	(222)	0,1575	0,3969	198.4	8.432
6. = 7. β	s. s.	106.0	104.5	24.56°	(004) β	0,1728	0,4157	207.8	
7.	m.	117.6	116.1	27.32°	(004)	0,2106	0,4589	229.4	8.420
8. = 10. β	s.	131.5	130.0	30.60°	(224) β	0,2607	0,5105	255.2	
9. = 12. β	m.	140.0	138.5	32.65°	(333) (115) β	0,2910	0,5395	269.7	
10.	m.	146.4	144.9	34.25°	(224)	0,3168	0,5628	281.4	8.409
11. = 13. β	m.	154.0	152.5	36.10°	(044) β	0,3472	0,5892	294.6	
12.	st.	156.5	155.0	36.71°	(115) (333)	0,3574	0,5979	298.9	8.396
13.	st.	172.7	171.2	40.60°	(044)	0,4235	0,6508	325.4	8.397
14.	s. s.	183.3	181.8	43.14°	(135)	0.4674	0,6839	341.9	8.359
15.	m.	198.1	196.6	46.69°	(026)	0,5294	0,7276	363.8	8.397
16.	st.	207.4	205.9	48.97°	(335)	0,5690	0,7543	377.1	8.398
17	s.	210.6	209.1	49.76°	(226)	0,5828	0,7634	381.7	8.394
18. = 21. β	s.	223.1	221.6	52.76°	(355) (137) β	0,6339	0,7962	398.1	
19.	s.	225.1	223.6	53.26°	(444)	0,6423	0,8014	400.7	8.351
20.	st.	251.0	249.5	59.43°	(246)	0,7414	0,8610	430.5	8.396
21.	st.	262.0	260.5	62.05°	(355) (137)	0,7803	0,8834	441.7	8.400

Die Werte für die den einzelnen Debyeringen entsprechenden Reflexionswinkel ϑ ergaben sich aus der Beziehung

$$\frac{e}{2r\pi} = \frac{4\vartheta}{360}$$

worin e der Ringdurchmesser in Millimeter und r der Radius der Kamera sind. Zur Ausscheidung der von der Kβ-Linie der Eisenstrahlung erzeugten Ringe wurde nachgesehen, zu welchen starken Linien sich schwache Linien finden, deren

$$\sin^2\vartheta = \left(\frac{\lambda\alpha}{\lambda\beta}\right)^2 = 1{,}22 \text{ mal kleiner war.}$$

Das Ziel der Auswertung einer Debyeaufnahme bildet die Ermittlung der Kristallstruktur einer Substanz. Aus Debyeaufnahmen kann man im allgemeinen auf diesem Wege nur bis zur Bestimmung des Kristallsystems kommen, d. h. bis zur Bestimmung der Kanten des Elementarkörpers in Größe und Richtung, und auch das nur beim kubischen, tetragonalen und hexagonalen System. Ist ferner noch die Dichte des Stoffes bekannt, so ergibt sich die Anzahl der Atome pro Gitterzelle.

Die Indizierung der Debyeaufnahmen und die Bestimmung der Kanten des Elementarkörpers wurden in unserem Falle nach dem graphischen Verfahren von Hull und Davey[1]) ausgeführt.

Im Falle des Zinkferrits ergab sich Deckung für ein flächenzentriert-tetragonales Gitter mit dem Achsenverhältnis $\frac{c}{a} = 1$. Dies ist aber ein Gitter, bei dem alle Achsen senkrecht aufeinander stehen und gleich lang sind, d. h. wir haben ein flächenzentriert-kubisches Gitter vor uns. Die Indizes der Netzebenen, die jedem einzelnen Debyering entsprechen, liest man aus der graphischen Darstellung sofort ab. Die Interferenz-Bedingungen für ein flächenzentriertes Gitter erfordern das Fehlen der Reflexionen der Netzebenen mit gemischten Indizes, d. h. die Indizes (h k l) einer Ebene können nur aus geraden oder nur aus ungeraden Zahlen bestehen.

Wie man aus dem Diagramm ersieht, stimmt diese Voraussetzung mit den erhaltenen Indizes überein.

Die Größe der Kantenlänge a der Gitterzelle wird aus den beobachteten Werten für $\sin^2\vartheta$ und den nunmehr bekannten In-

[1]) A. W. Hull und W. P. Davey. Graph. Auswertungsverfahren. Physical. Review 17,519. (1921)

dizes unter Benutzung der quadratischen Form für das kubische System:

$$\sin^2 \vartheta = \frac{\lambda^2}{4a^2}(h^2 + k^2 + l^2)$$

erhalten. Der aus den verschiedenen Debyeringen erhaltene Mittelwert für die Kantenlänge des Zinkferrits beträgt:

$$a_m = 8.40 \text{ Å}$$

Passerini[1]) gibt in seinen Arbeiten die Kantenlänge a des Franklinits mit 8.350 Å an.

Für kubische Kristalle kann man die Indizierung einer Pulveraufnahme auf einfache Art kontrollieren. Nach Ausscheidung der β-Linien muß für alle Linien die Gleichung

$$\frac{\sin^2 \vartheta}{(h^2 + k^2 + l^2)} = \text{const.}$$

gelten. Im vorliegenden Falle ist diese Beziehung erfüllt.

Aus Vergleichsgründen wurde hierauf das Diagramm eines bereits bekannten Spinells, des Ferroferrits oder Magnetits ($FeO \cdot Fe_2O_3$ oder Fe_3O_4), aufgenommen. Seine Herstellung gelang im Hochvakuum bei 800° durch Reduktion einer genau bekannten Menge Eisenoxyds durch Kohlenmonoxyd. Das Diagramm dieser chemisch ähnlichen Verbindung gleicht in der Anordnung und Intensität der Ringe vollkommen dem des künstlichen Franklinits. Ein geringer Unterschied ist natürlich wegen der anderen Kantenlänge des Elementarwürfels vorhanden.

Aus diesen Betrachtungen ersehen wir, daß auch der Zinkferrit zu den typischen Spinellen zu rechnen ist und zum gleichen Gittertyp K_{10} und zu gleicher Raumgruppe O_h^7 zu zählen ist wie der bereits röntgenographisch bekannte Magnetit.

---

[1]) L. Passerini,
Untersuchungen über Spinelle. Gazz. chim. Ital. 60, 389—99.

Untersuchungen über das System Fe_2O_3 : MgO.

Die Untersuchung und Auswertung der Diagramme geschah in derselben Weise, wie sie beim System Eisenoxyd-Zinkoxyd gehandhabt wurde. Die Bodenkörper, von denen Aufnahmen gemacht wurden, hatten folgende Zusammensetzung:

I. $2Fe_2O_3 . MgO$,
II. $Fe_2O_3 . MgO$,
III. $Fe_2O_3 . 10MgO$.

Außerdem wurde ein Diagramm von reinem MgO angefertigt.

(Tabellen Seite 47—50; Tafel 1b.)

Das Auftreten neuer Linien, die in den Konstituenten nicht enthalten waren, zeigt uns hier die Neubildung eines Körpers an. Sie werden der Verbindung $MgO . Fe_2O_3$ zugeschrieben.

Auch in diesem Falle wurde das Konzentrationsverhältnis $Fe_2O_3 . 10$ MgO scharf geglüht, das MgO nach dem Erkalten mit warmer, verdünnter Schwefelsäure herausgelöst, der Rückstand getrocknet, nochmals geglüht und zuletzt geröntgt.

Hierbei entsprachen sich die aus den verschiedenen Mischungen erhaltenen Pulveraufnahmen und das Diagramm des Rückstandes.

Das durchgerechnete Diagramm des Spinells $MgO . Fe_2O_3$ ist folgendes:

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	ϑ beobacht.	Reflekt. Netzebene	$\sin^2\vartheta$ beobacht.	$\sin\vartheta$	$\sin\vartheta$ $(\frac{1000}{2})$	Ktlg a in Å
1. = 2. β	s.	75.0	73.5	17.13°	(022) β	0,08679	0,2946	147.3	
2.	m.	83.0	81.5	19.01°	(022)	0,1071	0,3272	163.6	8.350
3. = 4. β	m.	88.1	86.6	20.23°	(113) β	0,1196	0,3458	172.9	
4.	st.	97.3	95.8	22.43°	(113)	0.1456	0,3816	190.8	8.395
5.	s. s.	101.6	100.1	23.47°	(222)	0,1586	0,3982	199.1	8.403
6. = 7. β	s.	106.6	105.1	24.69°	(004) β	0,1744	0,4176	208.8	
7.	m.	118.0	116.5	27.41°	(004)	0,2120	0,4605	230.2	8.392
8. = 11. β	s.	140.9	139.4	32.85°	$\frac{(333)}{(115)}$ β	0,2942	0,5424	271.2	
9.	m.	147.0	145.5	34.36°	(224)	0,3186	0,5645	282.2	8.384
10. = 12. β	m.	154.9	153.4	36.31°	(044) β	0,3508	0,5922	296.1	
11.	st.	157.3	155.8	36.89°	(333) (115)	0,3602	0,6002	300.1	8.363
12.	st.	173.5	172.0	40.79°	(044)	0,4267	0,6532	326.6	8.366
13.	s.	199.3	197.8	46.98°	(026)	0,5346	0,7312	365.6	8.356
14.	m.	208.8	207.3	49.30°	(335)	0,5748	0,7581	379.0	8.355
15.	s. s.	211.7	210.2	50.01°	(226)	0,5885	0,7672	383.6	8.352
16.	s. s.	224.9	223.4	53.19°	(444)	0,6409	0,8006	400.3	8.361
17. = 20. β	s. s.	227.0	225.5	53.69°	$\frac{(355)}{(137)}$ β	0,6492	0,8058	402.9	
18. β	s. s.	241.0	239.5	57.03°	(800) β	0,7039	0,8390	419.5	
19.	m.	253.0	251.5	59.90°	(246)	0,7485	0,8651	432.5	8.356
20.	st.	264.4	262.9	62.62°	(355) (137)	0,7904	0,8891	444.5	8.346

Beim näheren Vergleich dieser Aufnahmen mit denen des Zink- und Eisenspinells fällt sofort die große Ähnlichkeit in Bezug auf die Anzahl, Intensität und Lage der Debyeringe auf. Eine Indizierung an Hand der Hull'schen Kurven ergibt gleichfalls ein flächenzentriert-tetragonales Gitter mit dem Achsenverhältnis $\frac{c}{a} = 1$, also ein kubisches. Die Kantenlänge a der Verbindung $MgO \cdot Fe_2O_3$ berechnet sich zu

$$a_m = 8.37 \text{ Å}.$$

In den Arbeiten Passerinis finden wir für die Kantenlänge a der Verbindung $MgO \cdot Fe_2O_3$ den Wert $a = 8.360$ Å.

Wir treffen also auch beim $MgO \cdot Fe_2O_3$ ein typisches Spinellgitter an, und der Magnesiaspinell wird wegen der großen Ähnlichkeit seines Diagramms ebenfalls zum gleichen Gittertyp K_{10} und zur gleichen Raumgruppe O_h^7 gehören wie die chemisch ähnlichen Verbindungen Franklinit und Magnetit. Eine genaue Vermessung der Linien des $MgO \cdot Fe_2O_3$ ergibt, daß die Ringabstände hier etwas größer sind als beim Zinkspinell, d. h. der Magnesiaspinell hat ein engeres Gitter. Die Ursache hierfür könnte darin gefunden werden, daß das Magnesiumatom mit seinem Ionenradius von $0{,}78^{++}$ einen geringeren Raum im Gitter beansprucht als das Zinkatom mit seinem Ionenradius von $0{,}83^{++}$. Dementsprechend wurde auch beim Magnesiaspinell ein geringerer Wert für die Kantenlänge a gefunden. (8.37 Å gegen 8.40 Å).

Die von Passerini gefundenen Werte für die Kantenlängen dieser beiden Spinelle stehen jedoch in einem umgekehrten Verhältnis zu den Ionenradien.

Untersuchung der Systeme $Fe_2O_3 : Al_2O_3$ und $Fe_2O_3 : Cr_2O_3$.

Es wurden von folgenden Mischungen Aufnahmen gemacht:

Beim System $Fe_2O_3 : Al_2O_3$:

I. 1.5 $Fe_2O_3 \cdot Al_2O_3$,
II. $Fe_2O_3 \cdot 3Al_2O_3$,
III. $Fe_2O_3 \cdot 10Al_2O_3$,
IV. Al_2O_3.

(Tabellen Seite 51—54; Tafel 2a.)

Beim System $Fe_2O_3 : Cr_2O_3$:

I. $3Fe_2O_3 . Cr_2O_3$,
II. $Fe_2O_3 . 2Cr_2O_3$,
III. $Fe_2O_3 . 10Cr_2O_3$,
IV. Cr_2O_3.

(Tabellen Seite 55—57; Tafel 2b.)

Aus den Grimmschen Arbeiten über isomorphe Mischungen sehen wir, daß die unbeschränkte Mischkristallbildung zweier Stoffe nicht nur an das Vorhandensein des gleichen Gittertyps, sondern auch an eine möglichst weitgehende Übereinstimmung der Gitterkonstanten gebunden ist, da die Abweichung der Gitterkonstanten der Mischkristalle bildenden Stoffe 5% nicht überschreiten darf. Zur Beleuchtung der kristallographischen Verhältnisse diene folgende Zusammenstellung der Gitterkonstanten der hier betrachteten Stoffe:

	Al_2O_3	Cr_2O_3	Fe_2O_3
a	5.12	5.35	5.42
α	55°17′	54°58′	55°17′
p	0,11	—	0,11
q	0,30	—	0,29

Alle drei kristallisieren im trigonalen System. Aus dieser Aufstellung ersehen wir, daß die Verhältnisse zur Bildung einer Mischkristallreihe äußerst günstig sind. Mit Hilfe der Röntgenuntersuchung wurde auch eine Mischkristallbildung festgestellt.

Bei den Mischkristallen aus Eisenoxyd und Tonerde ergibt die Betrachtung der Debyeogramme das gleichzeitige Vorhandensein zweier aufgeweiteter Gitter. Die Eisenoxyd-Linien sind auseinandergetreten, die der Tonerde liegen enger zusammen. Wir haben im ersten Falle eine Kontraktion des Eisenoxydgitters bei der Einlagerung des Al_2O_3, im zweiten Falle eine Dehnung des Aluminiumoxydgitters durch eingelagertes Eisenoxyd, wie es nach der Größenordnung der Kantenlängen vorauszusehen war. Die Verhältnisse liegen beim System Fe_2O_3 - Al_2O_3 also so, daß sich bei bestimmten Konzentrationsverhältnissen nebeneinander Lösungen von Al_2O_3 im Eisenoxydgitter, dann solche von Fe_2O_3 im Aluminiumoxydgitter bilden. Beide Komponenten sind nur begrenzt ineinander löslich und bilden unter den vorliegenden Umständen keine lückenlose Mischkristallreihe. Der Unterschied

in ihren Kantenlängen überschreitet auch etwas den Wert von 5% (= 5,5%). Zur genauen Bestimmung dieser Mischungslücke reichte die Untersuchung obiger Konzentrationsverhältnisse noch nicht aus.

Etwas weniger klar liegen die Verhältnisse beim Eisenoxyd-Chromoxyd. Zunächst zeigt das Chromoxyd bei derselben Belichtungszeit beträchtliche schwächere Interferenzen als das Eisenoxyd. Es waren, um etwa gleiche Intensitäten zu erhalten, teilweise doppelte Belichtungszeiten nötig. Das besagt, daß auf den Diagrammen der mittleren Mischungen ($Fe_2O_3 . 2Cr_2O_3$ und $3Fe_2O_3 . Cr_2O_3$), die mit 10 Stunden Belichtungszeit die Eisenoxydlinien prächtig zeigten, sich evtl. die Chromoxydlinien nicht durchsetzen konnten. Bei der Mischung $Fe_2O_3 . 10Cr_2O_3$ sieht man das erweiterte Chromoxydgitter neben noch vorhandenen Linien des erweiterten Eisenoxydgitters. Ferner sieht man aus dem Diagramm, daß bei stärker Fe_2O_3-haltigen Mischungen eventuell Koïnzidenz von Cr_2O_3-Linien mit Fe_2O_3-Linien zu erwarten ist. Man kann daher aus dem Diagramm $Fe_2O_3 . 2Cr_2O_3$ nicht mit Sicherheit auf die Abwesenheit des Chromoxydgitters schließen. Es läßt sich also nur bedingt aussprechen, daß hier die Neigung zur Bildung einer lückenlosen Mischkristallreihe, wie man sie nach den Grimm'schen Isomorphie-Betrachtungen erwarten sollte, zwar größer zu sein scheint als beim System Al_2O_3—Fe_2O_3. Zu einer definitiveren Feststellung der Mischungslücke reicht aber das Untersuchungsmaterial nicht aus.

Wretblad[1]) fand bei seinen Untersuchungen über das System Fe_2O_3—Cr_2O_3 eine unbeschränkte Bildung von Mischkristallen.

Untersuchung des Systems Fe_2O_3—BeO.

Es wurden die Diagramme folgender Konzentrationen hergestellt:

I. 2 $Fe_2O_3 . BeO$,
II. $Fe_2O_3 . BeO$,
III. $Fe_2O_3 . 10BeO$,
IV. BeO.

(Tabellen Seite 58—61; Tafel 3a).

[1]) P. Erik Wretblad, Röntgenographische Untersuchung der Systeme Fe_2O_3—Cr_2O_3 und Fe_2O_3—Mn_2O_3. (Zeitschr. f. anag. allg. Chem. 189, 329—36).

Im Gegensatz zu den bisher betrachteten Debyeogrammen haben wir hier bei genauer Beobachtung die höchst interessante und wichtige Tatsache, daß wir die Linien der beiden Konstituenten Fe_2O_3 und BeO auch in ihren Gemischen stets an derselben Stelle vorfinden, so daß weder eine Verbindung noch eine Mischkristallbildung zustande gekommen ist. Das Berylliumoxyd verhält sich also auch bei hohen Temperaturen dem Eisenoxyd gegenüber ganz indifferent. Die röntgenographische Beobachtung stimmt gut überein mit der von H. Willecke gemachten Feststellung beim isothermen Abbau des Fe_2O_3 durch Kohlenmonoxyd, daß selbst bei einem großen Zuschlag von Berylliumoxyd die von Th. Dingmann gefundene gesetzmäßige Abbaukurve des reinen Eisenoxyds in keiner Weise beeinflußt wird.

Zur Erklärung dieses indifferenten Verhaltens des Berylliumoxydes dient die Betrachtung der röntgenographischen Konstanten:

BeO	hexagonal	Fe_2O_3	trigonal
a	2.70	a	5.42
c	4.39	α	55°17′
$\frac{c}{a}$	1.63	p	0,11
p	0.38	q	0,29

Auf der einen Seite sehen wir, daß eine Möglichkeit zur Mischkristallbildung wegen der Verschiedenheit der Gittertypen nicht vorhanden ist. Andererseits finden wir in dem Umstand, daß stets nur die charakteristischen Debyeringe des Eisen- und Berylliumoxyds auftreten, einen Grund zu der Annahme, daß auch die Bildung einer chemischen Verbindung nicht stattgefunden hat, da sie durch das Auftreten neuer Linien sich hätte bemerkbar machen müssen, wie es bei den Systemen Eisenoxyd und Zink- und Magnesiumoxyd der Fall war. Beide Komponenten liegen nebeneinander, ohne sich im geringsten zu beeinflussen.

Nach V. M. Goldschmidt[1]) ist der Bau eines Kristalles bedingt durch Mengenverhältnis, Größenverhältnis und Polarisationseigenschaften seiner Bausteine. Als Bausteine sind Atome (respektive

[1]) V. M. Goldschmidt,
Norw. Acad. Ber. Nr. 2 (1926).
„ „ „ Nr. 8 (1926).
Chem. Ber. 60, 1263 (1927).

Ionen) und Atomgruppen anzusehen. Bei den bisher untersuchten Systemen und dem noch zu besprechenden Fe_2O_3—CaO haben wir in den Zuschlägen folgende Ionenradien:

Be	Zn	Mg	Ca
0.34^{++}	$0{,}83^{++}$	$0{,}78^{++}$	1.06^{++}

Beim Zinkoxyd und Magnesiumoxyd mit ungefähr gleichen Ionenradien stellten wir die Bildung eines Spinells fest. In dem noch zu erörterndem System Eisenoxyd-Calciumoxyd finden wir keinen Spinelltypus mehr, sondern ein tetragonales Gitter. Die Erklärung hierfür besteht darin, daß das Calciumatom mit seinem infolge seines großen Ionenradius sehr erheblichen Atomvolumen nicht mehr in ein Spinellgitter hineinpaßt. Es findet im Sinne von Goldschmidt eine Dehnung des kubischen Gitters nach einer Richtung hin statt, und wir erhalten das nach dem kubischen folgende, weniger symmetrische System: das tetragonale. Beim Berylliumoxyd ist dagegen ein sehr kleines Atomvolumen vorhanden und es kann bei seiner Einlagerung ein Kontakt der Ionenradien nicht mehr stattfinden. Daher bilden beide Komponenten nur ein physikalisches Gemenge.

Untersuchungen über das System Fe_2O_3 : CaO.

In diesem Falle erwiesen sich fünf verschiedene Mischungsverhältnisse als erforderlich. Von folgenden Gemischen wurden röntgenographische Aufnahmen gemacht:

I. $3Fe_2O_3 . CaO$,
II. $1.5Fe_2O_3 . CaO$,
III. $Fe_2O_3 . CaO$,
IV. $Fe_2O_3 . 3CaO$,
V. $Fe_2O_3 . 10CaO$,
VI. CaO.

(Tabellen Seite 62—67; Tafel 3b.)

Hilpert und Kohlmeyer[1]) wiesen in ihren Arbeiten die Existenz von fünf verschiedenen Verbindungen nach, die sie mit Hilfe der Thermoanalyse aus dem Schmelzdiagramm der beiden Oxyde bestimmten.

[1]) S. H. Hilpert u. E. Kohlmeyer, Ber. 42. 4. 4541.

Nach den Arbeiten von Sosman und Merwin[1]) und Hansen und Bogue[2]), die sich auch noch der optischen Methoden bedienten, existieren jedoch bei höheren Temperaturen nur zwei Verbindungen, der Monocalciumferrit $CaO . Fe_2O_3$ und der Dicalciumferrit $2CaO . Fe_2O_3$.

Bei einer genauen Betrachtung der Zusammenstellung der Debyeogramme des Systems Fe_2O_3—CaO finden wir durch das Auftreten zweier neuer Linienarten die Bildung zweier Verbindungen bestätigt. Die erstere existiert bei einem Überschuß von Eisenoxyd bis zum Verhältnis 1:1 der beiden Komponenten, die zweite bei einem Überschuß von Calciumoxyd. Zur Erhaltung eines schärferen Diagrammes wurde wie beim Zink- und Magnesiaspinell der Versuch zu einer isolierten Darstellung der Ferrite gemacht. Zur reinen Darstellung des Monocalciumferrits, der in dem Konzentrationsverhältnis $Fe_2O_3 . CaO$ am reichlichsten enthalten war, nebenbei jedoch nach dem Diagramm noch Fe_2O_3 im Überschuß enthielt, wurde die geglühte Mischung $Fe_2O_3 . CaO$ zur Entfernung des Eisenoxyds mit verdünnter Salzsäure behandelt. Der Versuch mißlang jedoch wegen der damit verbundenen Zerstörung des Ferrits völlig.

Die Isolierung des Dicalciumferrits aus den geglühten Oxyden $Fe_2O_3 . 3CaO$ gelang dagegen, da sich der überschüssige Kalk ohne Zerstörung des Ferrits leicht entfernen ließ. Die erhaltenen Debyelinien des Rückstandes hatten die gleiche Lage und Intensität wie diejenigen, die sich aus den Pulveraufnahmen auscheiden ließen.

Das Diagramm des Monocalciumferrits $CaO . Fe_2O_3$ wurde aus den betreffenden Debyeogrammen eliminiert und mit Hilfe der Hullschen Kurven indiziert.

---

[1]) R. B. Sosman u. H. E. Merwin, Journ. Wash. Acad. of Sc. 6 (1916), 532—37.

[2]) W. C. Hansen u. R. H. Bogue, Journ. Americ. Chem. Soc. 48. 1261 bis 67.

$CaO . Fe_2O_3$.

Reihenfolge der Linien	Intensität gesch.	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	ϑ beobacht.	Reflekt. Netzebene	$\sin^2\vartheta$ beobacht.	$\sin\vartheta$	$\sin\vartheta$ $\left(\frac{1000}{2}\right)$	Ktlg. in Å a	Ktlg. in Å c
1.	s.	83.5	82.0	19.14°	(004)	0.1074	0.3277	163.8	10.72	11.79
2.	s.	92.5	91.0	21.30°	(400)	0.1320	0.3633	181.6	10.64	11.70
3.	s. s.	100.0	98.5	23.09°	(331)	0.1537	0.3921	196.0	10.69	11.76
4.	s.	102.8	101.3	23.77°	(240)	0.1624	0.4030	201.5	10.72	11.79
5.	s.	111.0	109.5	25.75°	(242)	0.1887	0.4345	217.2	10.74	11.81
6.	s.	117.5	116.0	27.30°	(151)	0.2104	0.4587	229.3	10.91	12.00
7.	s. s.	127.6	126.1	29.68°	(135)	0.2452	0.4952	247.6	10.80	11.88
8.	s.	138.9	137.4	32.27°	(442)	0.2866	0.5353	267.6	10.72	11.79
9.	s.	144.3	142.8	33.71°	(226)	0.3081	0.5551	277.5	10.69	11.76
10. = 13. β	s.	152.4	150.9	35.72°	(171) (551) β	0.3408	0.5838	291.9		
11.	s. s.	155.2	153.7	36.39°	(262)	0.3519	0.5932	296.6	10.72	11.79
12.	s.	166.4	164.9	39.09°	(604)	0.3975	0.6304	315.2	10.75	11.82
13.	st.	170.0	168.5	39.95°	(171) (551)	0.4123	0.6421	321.0	10.73	11.80
14.	s. s.	184.5	183.0	43.43°	(173)	0.4727	0.6875	343.7	10.65	11.71
15.	s. s.	188.0	186.5	44.27°	(371)	0.4872	0.6980	349.0	10.62	11.68
16.	s.	198.0	196.5	46.67°	(800)	0.5291	0.7274	363.7	10.63	11.69
17.	s.	209.0	207.5	49.36°	(660)	0.5759	0,7589	379.4	10.80	11.88
18.	s.	233.9	232.4	55.34°	(911)	0.6765	0.8225	411.2	10.69	11.76
19.	s.	242.0	240.5	57.27°	(664)	0.7076	0.8412	420.6	10.61	11.66
20.	m	254.0	252.5	60.14°	(557)	0.7520	0.8672	433.6	10.60	11.66

Eine Deckung der auf einem Papierstreifen aufgetragenen Werte für $\sin \vartheta$ mit den Kurvenabständen wurde erhalten bei einem flächenzentriert-tetragonalen Gitter mit dem Achsenverhältnis $\frac{c}{a} = 1{,}10$. Unter Benutzung der quadratischen Form für das tetragonale System:

$$\sin^2 \vartheta = \frac{\lambda^2}{4a^2} \left(h^2 + k^2 + \frac{a^2}{c^2} l^2\right)$$

und dem aus den Hullschen Kurven erhaltenen Achsenverhältnis $\frac{c}{a} = 1.10$ lassen sich die Kantenlängen a und c berechnen. Der aus den verschiedenen Debyeringen berechnete Mittelwert für die Kantenlängen des Monocalciumferrits ergibt für

$$a_m = 10.71 \text{ Å}$$

und für

$$c_m = 11.78 \text{ Å}$$

Das Diagramm des Dicalciumferrits $2CaO \cdot Fe_2O_3$, das sowohl aus dem besonders präparierten Rückstand als auch aus dem Calciumoxyd im Überschuß enthaltenden Gemisch erhalten wurde, war folgendes:

Reihenfolge der Linien	Intensität gesch.	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	ϑ beobacht.	Reflekt. Netzebene	$\sin^2\vartheta$ beobacht.	$\sin\vartheta$	$\sin\vartheta$ $(\frac{1000}{2})$	Ktlg. in Å a	Ktlg. in Å c
1.	s. s.	62.8	61.3	14.23°	(113)	0,06045	0.2459	122.9	12.07	13.28
2.	s. s.	66.2	64.7	15.06°	(131)	0,06757	0.2599	129.9	12.23	13.45
3. = 5. β	s.	78.2	76.7	17.88°	(133) β	0,09430	0.3071	153.5		
4. = 7. β	s.	82.6	81.1	18.92°	(402) β	0.1051	0.3242	162.1		
5.	m.	87.8	86.3	20.17°	(133)	0.1189	0.3448	172.4	11.70	12.87
6.	s.	90.4	88.9	20.79°	(331)	0.1259	0.3548	177.4	11.81	12.99
7.	st.	91.5	90.0	21.05°	(402)	0.1290	0.3592	179.6	11.82	13.00
8.	s.	93.6	92.1	21.56°	(240)	0.1351	0.3676	183.8	11.75	12.93
9.	s.	102.1	100.6	23.60°	(242)	0.1603	0.4003	200.1	11.65	12.82
10. = 13. β	s. s.	107.2	105.7	24.84°	(440) β	0.1764	0.4200	210.0		
11.	s. s.	113.0	111.5	26.23°	(404)	0.1954	0.4420	221.0	11.81	12.99
12. = 14. β	s.	115.2	113.7	26.75°	(600) β	0.2026	0.4501	225.0		
13.	m.	119.0	117.5	27.65°	(440)	0.2154	0.4641	232.0	11.78	12.95
14.	st.	127.9	126.4	29.75°	(600)	0.2462	0.4962	248.1	11.68	12.85
15.	s.	132.6	131.1	30.86°	(335)	0.2632	0.5130	256.5	11.71	12.88
16.	m.	135.4	133.9	31.52°	(260)	0.2733	0.5227	261.3	11.69	12.86
17. = 20. β	s.	144.5	143.0	33.76°	(264) β	0.3089	0.5558	277.9		
18. = 21. β	s.	148.3	146.8	34.74°	(462) β	0.3246	0.5698	284.9		
19.	s.	156.2	154.7	36.64°	(460)	0.3560	0.5967	298.3	11.68	12.84
20.	m.	160.0	158.5	37.56°	(264)	0.3717	0.6097	304.8	11.56	12.72
21.	m.	163.6	162.1	38.42°	(462)	0.3861	0.6214	310.7	11.56	12.72
22.	s.	165.9	164.4	38.97°	(173)	0.3955	0.6289	314.4	11.64	12.81
23.	s. s.	167.6	166.1	39.38°	(371)	0.4026	0.6345	317.2	11.68	12.85
24. = 26. β	s. s.	173.4	171.9	40.77°	(662) β	0.4264	0.6530	326.5		
25.	s.	184.5	183.0	43.43°	(820)	0.4727	0.6875	343.7	11.59	12.75
26.	st.	196.6	195.1	46.33°	(662)	0.5233	0.7234	361.7	11.59	12.75
27.	m.	235.6	234.1	55.75°	(100) x. (680)	0.6833	0.8266	413.3	11.69	12.86
28.	s.	243.5	242.0	57.63°	(150) II.	0.7134	0.8446	422.3	11.66	12.83
29.	s.	246.6	245.1	58.38°	(151) II.	0.7252	0.8516	425.8	11.75	12.93

Gleich dem Monocalciumferrit erhielten wir auch beim $2CaO \cdot Fe_2O_3$ für die aufgetragenen $\sin\vartheta$-Werte und Kurvenabstände eine Deckung für ein flächenzentriert- tetragonales Gitter mit dem Achsenverhältnis $\frac{c}{a} = 1.10$. Die in gleicher Weise wie oben berechneten mittleren Werte ergaben für die Kantenlängen

$$a_m = 11.69 \text{ Å},$$

und für

$$c_m = 12.86 \text{ Å}.$$

Die aus den Linien 1 und 2 erhaltenen Größen für die Kantenlängen a und c sind bei der Berechnung der mittleren Werte nicht berücksichtigt worden, da Debyeringe in der Nähe des Primärstrahles einer größeren Absorptionskorrektion unterliegen und sich daher für genauere Messungen nicht eignen.

Dichtebestimmungen.

Eine Dichtebestimmung der beiden Calciumferrite zur Bestimmung der Anzahl der Atome pro Gitterzelle scheiterte an der Unmöglichkeit, sie analytisch rein zu erhalten. Die chemische Analyse ergab stets noch beträchtliche Verunreinigungen durch die beigemengten Oxyde.

Der zweite Teil der Strukturbestimmung, die Ermittlung der Lage der Atome in der Gitterzelle, ist nicht ausgeführt worden, da er die Auswertung der Intensität der Debyelinien voraussetzt. Zu einer vollständigen Raumgruppendiskussion reicht das Material einer Debyeaufnahme jedoch nicht aus. Da keine größeren Kristalle zur Verfügung standen, so mußte bei den untersuchten Kristallpulvern die Strukturbestimmung nach der Ermittlung der Größe und Form der Gitterzelle, d. h. der Bestimmung des Kristallsystems abgebrochen werden.

Mit Hilfe der röntgenographischen Untersuchung läßt sich also eindeutig nachweisen, daß die Ferrite $ZnO \cdot Fe_2O_3$ und $MgO \cdot Fe_2O_3$ Verbindungen mit der charakteristischen Spinellanordnung sind. Beim chemisch ähnlichen $CaO \cdot Fe_2O_3$ erhalten wir ein anderes Gitter, ein Beweis dafür, daß der Calciumferrit nicht zu den Spinellen gehört. Die Ursache des Unterschiedes liegt in dem großen Atomvolumen des Calciums.

Die Ursache der Entstehung dieser untersuchten Ferrite und Spinelle liegt in dem basischen und sauren Charakter der zusammengebrachten Oxyde. Das Fe_2O_3 ist ebenso amphoter wie die Tonerde und wird sich basischen Oxyden gegenüber wie eine Säure verhalten. Ähnlich wie bei einem gewöhnlichen Neutralisationsprozeß tritt eine Reaktion ein unter Bildung eines Salzes, nur mit dem Unterschied, daß wir eine Reaktion im festen Zustande vor uns haben und keine gelösten Komponenten miteinander reagieren. Es reagieren also in diesem Falle das basische Magnesium-, Calcium- und sich hier basisch verhaltende Zinkoxyd mit dem weniger basichen oder mehr saurem Eisenoxyd unter Salzbildung:

$$ZnO + Fe_2O_3 = Zn(FeO_2)_2,$$
$$MgO + Fe_2O_3 = Mg(FeO_2)_2,$$
$$CaO + Fe_2O_3 = Ca(FeO_2)_2.$$

Bei einem Überschuß des basischen Oxydes tritt nur beim Kalk die Bildung einer zweiten Verbindung $2CaO \cdot Fe_2O_3$ ein. Alle anderen Teile des überschüssigen Oxydes bleiben ungebunden und bilden mit den entstandenen Ferriten oder Spinellen ein physikalisches Gemenge. Die Voraussetzung für den Eintritt einer dieser Reaktionen ist eine genügend hohe Temperatur.

Untersuchung des reduzierten Systems $Fe_2O_3 : Al_2O_3$.

Wie wir bereits festgestellt haben, bilden Eisenoxyd und Aluminiumoxyd miteinander Mischkristalle, bei denen die Gleichgewichtslagen, die das reine Fe_2O_3 bei der Reduktion mit Kohlenmonoxyd zeigt, verschoben sind. Diese feste Phase der Eisenoxyd-Aluminiumoxydmischkristalle ist jedoch variabel, da sie durch die Reduktion mit Kohlenmonoxyd stets Fe_2O_3-ärmer wird. Weiterhin bildet das bei dem Abbau entstehende FeO mit der Tonerde eine chemische Verbindung, nämlich den Spinell $FeO \cdot Al_2O_3$, der ebenfalls die Gleichgewichtslage beeinflußt. Eine Untersuchung der Bodenphasen auf röntgenanalytischem Wege bestätigte diese Annahme. Es traten auf den Diagrammen neue

Debyeringe auf als Zeichen für die Bildung einer Verbindung. Der Bodenkörper $Fe_2O_3 . Al_2O_3$ wurde mit Kohlenmonoxyd reduziert bis zu dem Punkt der Abbaukurve, bei dem der CO_2-Gehalt der Gasphase 67% betrug. Dieser Punkt entspricht dem Teilstrich T. = 135. Bei der Lage eines anderen reduzierten Bodenkörpers betrug der CO_2Gehalt 45%. (Teilstr. = 100).

Zur röntgenographischen Bestimmung dieses Spinells diente also die Untersuchung folgender reduzierter Bodenkörper:

1. $Fe_2O_3 . Al_2O_3$,
   CO_2 = 67%; T. = 135.
2. $Fe_2O_3 . Al_2O_3$,
   CO_2 = 45%; T. = 100.

(Tabellen Seite 68; Tafel 5a.)

Das durchgerechnete Diagramm des Spinells $FeO . Al_2O_3$ ist folgendes:

$FeO \cdot Al_2O_3$.

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	ϑ beobacht.	Reflekt. Netzebene	$\sin^2 \vartheta$ beobacht.	$\sin \vartheta$	$\sin \vartheta \left(\frac{1000}{2}\right)$	Ktlg a in Å
1. = 2. β	s.	70.6	69.1	18.00°	(022) β	0,09549	0.3090	154.5	
2.	m.	78.0	76.5	19.92°	(022)	0.1160	0.3407	170.3	8.021
3. = 4. β	s.	82.9	81.4	21.20°	(113) β	0.1308	0.3616	180.8	
4.	st.	91.6	90.0	23.46°	(113)	0.1586	0.3982	199.1	8.045
5. = 6. β	s.	101.2	99.7	25.97°	(004) β	0.1917	0.4378	218.9	
6.	st.	112.0	110.5	28.78°	(004)	0.2318	0.4815	240.7	8.025
7. = 10. β	s.	132.4	130.9	34.09°	$\frac{(115)}{(333)}$ β	0.3141	0.5604	280.2	
8.	m.	138.3	136.8	35.63°	(224)	0.3394	0.5826	291.3	8.123
9. = 11. β	s.	145.5	144.0	37.50°	(044) β	0.3706	0.6088	304.4	
10.	st.	147.8	146.3	38.10°	(115) (333)	0.3807	0.6170	308.5	8.134
11.	st.	163.4	161.9	42.17°	(044)	0.4506	0.6713	335.6	8.140
12. = 14. β	s.	173.1	171.6	44.69°	(335) β	0.4945	0.7032	351.6	
13. = 16. β	s.	187.5	186.0	48.44°	(444) β	0.5598	0.7482	374.1	
14.	m.	196.8	195.3	50.86°	(335)	0.6017	0.7757	387.8	8.166
15. = 18. β	s. s.	212.5	211.0	54.95°	$\frac{(137)}{(355)}$ β	0.6702	0.8187	409.3	
16.	m.	215.5	214.0	55.73°	(444)	0.6830	0.8264	413.2	8.098
17.	m.	241.5	240.0	62.50°	(246)	0,7868	0.8870	443.5	8.150
18.	st.	253.5	252.0	65.63°	(137) (355)	0.8298	0.9109	455.4	8.146
19.	m.	276.0	274.5	71.49°	(008)	0.8991	0.9482	474.1	8.150

Durch Vergleich mit den Diagrammen der reinen Oxyde konnten die Debyelinien des $FeO \cdot Al_2O_3$ eliminiert werden. Zur Auswertung dieses Diagramms wurde wieder das graphische Auswertungsverfahren von Hull angewandt, nach dem Deckung erhalten wurde für ein flächenzentriert-tetragonales Gitter mit dem Achsenverhältnis $\frac{c}{a} = 1{,}0$, d. h. also: der Spinell besitzt ein kubisch-flächenzentriertes Gitter. Der Mittelwert für die Kantenlänge des Elementarkörpers beträgt

$$a_m = 8.11 \text{ Å}.$$

Nach Ausscheidung der β-Linien muß bei kubischen Kristallen für alle Linien die Beziehung

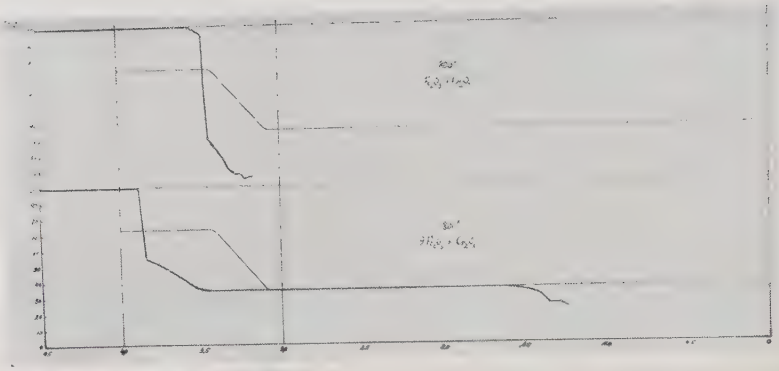
$$\frac{\sin^2\vartheta}{h^2 + k^2 + l^2} = \text{const.}$$

gelten. Im vorliegenden Falle ist diese Beziehung erfüllt.

Bei einem Vergleich des Diagramms vom $FeO \cdot Al_2O_3$ mit den bisher untersuchten Spinellen erkennen wir sofort die große Ähnlichkeit dieser auch chemisch ähnlichen Verbindung in Bezug auf die Anordnung und Intensität der auftretenden Debyeringe. Es ist also auch die Verbindung $FeO \cdot Al_2O_3$ zu den Spinellen zu rechnen und gehört dem gleichen Gittertyp K_{10} und der gleichen Raumgruppe O^7_h an wie die bereits untersuchten Spinelle.

Untersuchung des reduzierten Systems $Fe_2O_3 : Cr_2O_3$.

Ganz ähnliche Verhältnisse treffen wir an bei der Reduktion eines Gemisches von Eisenoxyd und Chromoxyd. Einerseits führt schon die Mischkristallbildung eine Verschiebung in der Lage des Gleichgewichts von reinem Eisenoxyd herbei. Andererseits kommt noch hinzu die Bildung des sich bei der Reduktion bildenden Spinells $FeO \cdot Cr_2O_3$. Zu seiner Bestimmung wurden in analoger Weise wie bei dem reduzierten System $Fe_2O_3 : Al_2O_3$ die geglühten Oxyde mit CO soweit reduziert, bis ihre Lage auf der Abbaukurve den angegebenen Koordinaten entsprach.



Verlauf der Sauerstoffentziehung durch Kohlenmonoxyd bei Mischungen von Eisenoxyd und Chromoxyd.

Folgende reduzierte Bodenkörper wurden röntgenographisch untersucht:

1. $Fe_2O_3 . Cr_2O_3$,
   $CO_2 = 6.2\%$. T. = 131.
2. $Fe_2O_3 . Cr_2O_3$,
   $CO_2 = 6.6\%$. T. = 127.8.
3. $9Fe_2O_3 . Cr_2O_3$,
   $CO_2 = 34.8\%$. T. = 190.
4. $9Fe_2O_3 . Cr_2O_3$.
   $CO_2 = 22.4\%$. T. = 310.

(Tabellen Seite 69—70; Tafel 5b.)

Das Auftreten neuer Debyeringe zeigt uns auch hier die Bildung des Spinells $FeO . Cr_2O_3$, der dem Mineral Chromeisenstein zugrunde liegt, an. Sein Diagramm ist folgendes:

$FeO \cdot Cr_2O_3$.

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	ϑ beobacht.	Reflekt. Netzebene	$\sin^2 \vartheta$ beobacht.	$\sin \vartheta$	$\sin \vartheta \left(\frac{1000}{2}\right)$	Ktlg a in Å
1.	s. s.	76.0	74.5	19.40°	(022)	0.1103	0.3322	166.1	8.226
2. = 3. β	s. s.	80.6	79.1	20.60°	(113) β	0.1238	0.3518	175.9	
3.	st.	89.1	87.6	22.81°	(113)	0.1504	0.3878	193.9	8.262
4.	s.	108.4	106.9	27.84°	(004)	0.2180	0.4669	233.4	8.276
5. = 8. β	s. s.	129.0	127.5	33.21°	$\frac{(115)}{(333)}$ β	0.3001	0.5478	273.9	
6.	s. s.	134.5	133.0	34.64°	(224)	0.3230	0.5683	284.1	8.327
7. = 9. β	s. s.	141.6	140.1	36.49°	(044) β	0.3535	0.5946	297.3	
8.	m.	143.6	142.1	37.01°	(115) (333)	0.3625	0.6020	301.0	8.337
9.	st.	158.5	157.0	40.89°	(044)	0.4284	0.6545	327.2	8.349
10.	s.	190.2	188.7	49.14°	(335)	0.5719	0.7562	378.1	8.376
11.	s. s.	230.5	229.0	59.64°	(246)	0.7444	0.8628	431.4	8.378
12.	m.	241.0	239.5	62.37°	(137) (355)	0.7849	0.8859	442.9	8.375
13.	s.	260.0	258.5	67,32°	(800)	0.8513	0.9227	461.3	8.376

Die graphische Auswertung nach Hull ergab eine Deckung der $\sin\vartheta$-Werte mit den Kurvenabständen für ein flächenzentriert-tetragonales Gitter, dessen Achsenverhältnis $\frac{c}{a} = 1.0$ ist. Wir haben also ein flächenzentriert-kubisches Gitter vor uns. Nach der Indizierung der reflektierenden Netzebenen erhalten wir aus der quadratischen Form

$$\sin^2\vartheta = \frac{\lambda^2}{4a^2}(h^2 + k^2 + l^2)$$

für die Kantenlänge des Elementarkörpers den Mittelwert von

$$a_m = 8.33 \text{ Å}.$$

Auch in diesem Falle entsprach das Diagramm des Chromeisensteins der Beziehung

$$\frac{\sin^2\vartheta}{h^2 + k^2 + l^2} = \text{const.}$$

Ein Vergleich der Diagramme bestätigt auch hier die Spinellstruktur. Das Fehlen einiger Debyelinien findet seine Erklärung darin, daß sich wie im System $Fe_2O_3 : Cr_2O_3$ die Chromlinien nicht genügend durchsetzen konnten, so daß auch hier doppelte Belichtungszeiten erforderlich waren, um überhaupt die Debyelinien vermessen zu können.

Dieselben Schwierigkeiten bei der Untersuchung künstlicher Cr-haltiger Spinelle beobachtete Holgersson[1]), der sie jedoch durch die Anwendung einer Cr-Antikathode beheben konnte. Leider stand uns eine solche hier nicht zur Verfügung; jedoch ist die Ähnlichkeit der Linienanordnung ersichtlich, so daß wir auch den Chromeisenstein zum gleichen Gittertyp K_{10} und zur gleichen Raumgruppe O^7_h zählen müssen wie die Spinelle.

Untersuchung der reduzierten Bodenkörper des Systems Eisenoxyd-Calciumoxyd.

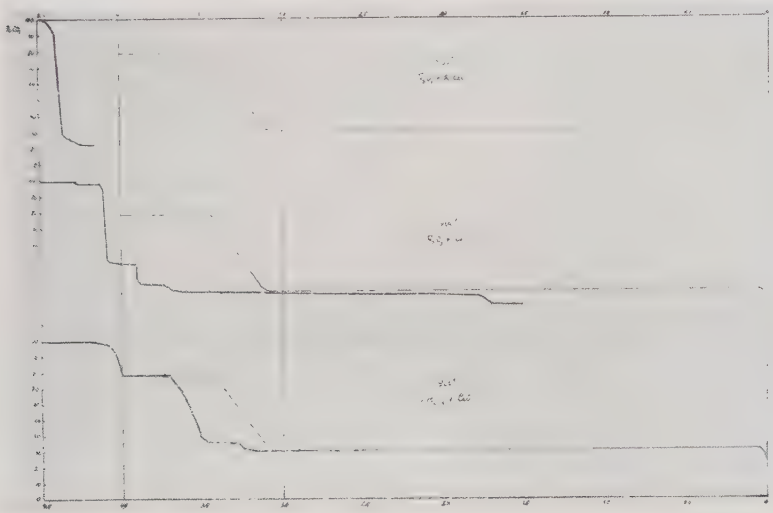
Bei Anwesenheit von CaO treten bei der Reduktion des Eisenoxyds durch Kohlenmonoxyd Verschiebungen in der Gleichgewichtslage des reinen Eisenoxyds auf[2]), deren Art durch die vor-

[1]) Sven Holgersson, Röntgenographische Untersuchungen einiger synthetisch dargestellten Chromspinelle. Zeitschr. f. anorg. u. allg. Chemie; 192; 123. (1930).

[2]) Zeitschr. f. anorg. Chem. 184. 16. (1929).

handene Menge an CaO bedingt ist. Insbesondere treten bei den mittleren Konzentrationen treppenartige Abbaukurven auf, die auf eine besondere Beeinflussung der Reduktion schließen lassen. Bei allen Gemengen wird aber nach weitgehender Reduktion stets dieselbe Endlage erreicht.

Zur Klärung dieser Verhältnisse wurden kalkhaltige Eisenoxydgemische verschiedenster Konzentration, die nach dem früher geschilderten Verfahren hergestellt waren, bei einer Temperatur von 900° C mit Kohlenmonoxyd abgebaut, wobei die Reduktion an ganz bestimmten Stufen der Abbaukurve abgebrochen wurde.



Verlauf der Sauerstoffentziehung durch Kohlenmonoxyd bei Mischungen von Eisenoxyd und Calciumoxyd.

Nach dem Erkalten wurden die ausgebauten Körper röntgenographisch untersucht. Die auf diese Weise hergestellten Präparate, deren Lage auf der Abbaukurve durch die Angabe des Teilstriches, bezogen auf die Kurvenbilder der obigen Arbeit, und des Gehaltes der Gasphase an CO_2 festgelegt ist, hatten ungefähr folgende Zusammensetzung:

System $3Fe_2O_3 : CaO$.

$CaO . 3Fe_2O_3 . CO_2 = 77{,}6\%$. T. = 52.3,
$CaO . 3Fe_2O_3 . CO_2 = 72.98\%$. T. = 81.21,
$CaO . 3Fe_2O_3 . CO_2 = 72.6\%$. T. = 85.5,
$CaO . 3Fe_2O_3 . CO_2 = 36.4\%$. T. = 117.3,
$CaO . 3Fe_2O_3 . CO_2 = 31.2\%$. T. = 161.7,
$CaO . 3Fe_2O_3 . CO_2 = 29.38\%$. T. = 371.76.

System $Fe_2O_3 : CaO$.

$CaO . Fe_2O_3 . CO_2 = 49.55\%$. T. = 43.57.
$CaO . Fe_2O_3 . CO_2 = 37.83\%$. T. = 56,
$CaO . Fe_2O_3 . CO_2 = 42.2\%$. T. = 65,
$CaO . Fe_2O_3 . CO_2 = 32.3\%$. T. = 95,
$CaO . Fe_2O_3 . CO_2 = 22.7\%$. T. = 298.5.

System $Fe_2O_3 : 10CaO$ bezw. $3CaO$.

$10CaO . Fe_2O_3 . Co_2 = 23.7\%$. T. = 24.5,
$10CaO . Fe_2O_3 . Co_2 = 23.04\%$. T. = 63.1,
$10CaO . Fe_2O_3 . Co_2 = 22.39\%$. T. = 30,
$3CaO . Fe_2O_3 . Co_2 = 23.6\%$. T. = 26.15,

(Tabellen Seite 71—81; Tafeln 6, 7 und 8.)

Untersuchung über das System $3Fe_2O_3 : CaO$ nach der Reduktion.

Eine vergleichende Zusammenstellung der Debyeogramme für die reduzierten Bodenkörper des Systems $CaO : 3Fe_2O_3$ läßt uns verschiedene Gittertypen deutlich erkennen. Es treten Linien des uns bereits bekannten Monocalciumferrits in allen Gemischen auf, mit Ausnahme des bis zum Teilstrich 371.76 reduzierten Oxydgemisches. Außerdem treffen wir jedoch in allen Diagrammen noch Linien an, die mit denen der Ferrite (Mono- und Dicalciumferrit) und Oxyde (Fe_2O_3, Fe_3O_4, FeO und CaO) keine Übereinstimmung zeigen. Das Auftreten dieser neuen Linien ist ein Zeichen für die Entstehung einer neuen Verbindung. Bei dem bis zum Teilstrich 371.76 reduzierten Körper erkennen wir nur wenige, aber desto stärkere Linien. Dieses Diagramm entspricht dem des kubisch-körperzentrierten α-Eisens. Die Reduktion mit Kohlenoxyd ist also in diesem Falle bereits bis zum metallischen Eisen fortgeschritten. Die Zuordnung einiger schwacher Linien der Diagramme der Körper

$CaO . 3Fe_2O_3$, $CO_2 = 36.4\%$. T. = 117.3 und
$CaO . 3Fe_2O_3$, $CO_2 = 31.2\%$. T. = 161.7

bleibt dabei ungewiß.

Untersuchung über das System $CaO : Fe_2O_3$ nach der Reduktion.

Ganz ähnliche Verhältnisse finden wir bei der Reduktion der Bodenkörper von der Zusammensetzung $CaO . Fe_2O_3$ wieder. Auch hier treffen wir in den Röntgenogrammen der ersten Abbauprodukte neben dem Monocalciumferrit den bereits erwähnten neuen Gittertyp wieder an. Bei dem weiter reduzierten Körper $CaO . Fe_2O_3$ ($CO_2 = 22.7\%$. T. $= 298.5$) sind nur noch die Linien des Dicalciumferrits und des α-Eisens zu erkennen.

Der bei dem Abbau kalkärmerer Konzentrationen entstehende neue Gittertyp entspricht vielleicht der von Schenk als Phase x[1]) bezeichneten Verbindung von der chemischen Zusammensetzung $CaO . FeO . Fe_2O_3$. Diese Verbindung hat nicht ihre Ursache in einer Mischkristallbildung zwischen den Komponenten CaO und Fe_3O_4, da keines dieser Gitter, weder aufgeweitet noch eingeengt, vorhanden ist. Wir müssen sie eher von der Verbindung $2CaO . Fe_2O_3$ ableiten, in der ein CaO durch FeO ersetzt ist. Diese Annahme läßt sich dadurch stützen, daß beiden Verbindungen dasselbe Kristallsystem und das gleiche Achsenverhältnis zugrunde liegt, was auch aus der Ähnlichkeit der beiden Diagramme zu ersehen ist.

Bei der Zusammenstellung dieser neuen Liniengruppen erkennen wir aber, daß es in verschiedenen Fällen wegen der Koinzidenz zweifelhaft sein kann, zu welchem Liniensystem der betreffende Debyering zu zählen ist. So können die Linien (133) und (151) dieser neuen Bodenphase ebenfalls zum Dicalciumferrit gezählt werden. Im vorliegenden Falle wurden sie jedoch dem Diagramm der neuen Phase zugerechnet, da sich diese Linien bei der Auswertung mit Hilfe der Hull'schen Kurven bei ihr unterbringen ließen und andere Linien des Dicalciumferrits mit größerer Intensität nicht aufgetreten sind. Von der Linie 23 ab war mit den Hull'schen Kurven eine Indizierung wegen der Dichte der Kurvenabstände nicht mehr mit Sicherheit durchführbar und mußte daher unterbleiben. Das bis hierher durchgerechnete Diagramm dieser neuen Bodenphase ist folgendes:

---

[1]) Zeitschr. f. anorg. Chem. 184. 24. (1929).

$CaO . FeO . Fe_2O_3$.

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	ϑ beobacht.	Reflekt. Netzebene	$\sin^2\vartheta$ beobacht.	$\sin\vartheta$	$\sin\vartheta$ $(\frac{1000}{2})$	Ktlg. in Å a	Ktlg. in Å c
1.	s.	77.0	75.5	19.66°	(400)	0.1133	0.3366	168.3	11.47	12.61
2.	s.	81.0	79.5	20.70°	(133)	0.1249	0.3535	176.7	11.40	12.54
3.	st.	84.2	82.7	21.54°	(331)	0.1347	0.3670	183.5	11.41	12.55
4.	s.	85.3	83.8	21.82°	(402)	0.1381	0.3716	185.8	11.41	12.55
5.	m.	87.8	86.3	22.48°	(240)	0.1462	0.3824	191.2	11.29	12.42
6.	s.	94.9	93.4	24.33°	(242)	0.1698	0.4120	206.0	11.31	12.44
7. = 11. β	s.	97.0	95.5	24.87°	(404) β	0.1768	0.4205	210.2		
8.	s. s.	98.9	97.4	25.37°	(333)	0.1835	0.4284	214.2	11.36	12.50
9.	m.	102.7	101.2	26.36°	(151)	0.1972	0.4441	222.0	11.26	12.38
10. = 12. β	m.	105.5	104.0	27.08°	(351) β	0.2073	0.4553	227.6		
11.	m.	107.4	105.9	27.58°	(404)	0.2144	0.4630	231.5	11.27	12.39
12.	st.	117.0	115.5	30.08°	(351)	0.2513	0.5013	250.6	11.36	12.50
13.	m.	123.6	122.1	31.80°	(335)	0.2777	0.5269	263.4	11.39	12.53
14. = 18. β	s.	135.0	133.5	34.77°	(264) β	0.3252	0.5702	285.1		
15.	s. s.	138.5	137.0	35.68°	(406)	0.3403	0.5833	291.6	11.19	12.31
16.	s.	143.5	142.0	36.98°	(171) (551)	0.3619	0.6016	300.8	11.43	12.58
17.	s.	145.8	144.3	37.58°	(460)	0.3720	0.6099	304.9	11.41	12.55
18.	s.	147.1	145.6	37.92°		0.3776	0.6145	307.2		
19.	m.	150.0	148.5	38.68°	(264)	0.3906	0.6250	312.5	11.27	12.39
20.	m.	152.3	150.8	39.27°	(462)	0.4006	0.6329	316.4	11.34	12.47
21.	m.	159.1	157.6	41.05°	(371)	0.4313	0.6567	328.3	11.27	12.40
22.	s.	168.6	167.1	43.52°	(800)	0.4741	0.6886	344.3	11.21	12.33
23.	s.	180.0	178.5	46.49°		0.5259	0.7252	362.6		
24.	s.	183.0	181.5	47.27°		0.5395	0.7345	367.2		
25.	s.	185.0	183.5	47.79°		0.5485	0.7406	370.3		
26.	s.	187.3	185.8	48.39°		0.5589	0.7476	373.8		
27.	s.	189.0	187.5	48.83°		0.5667	0.7528	376.4		
28.	s.	202.0	200.5	52.22°		0.6246	0.7903	395.1		
29.	s.	237.4	235.9	61.44°		0.7713	0.8783	439.1		
30.	s.	240.4	238.9	62.22°		0.7827	0.8847	442.3		
31.	s.	244.2	242.7	63.21°		0.7969	0.8927	446.3		
32.	s.	255.0	253.5	66.02°		0.8348	0.9137	456.8		

Mit Hilfe der Hull'schen Kurven wurde eine Deckung der aufgetragenen $\sin \vartheta$-Werte mit den Kurvenabständen erreicht für ein flächenzentriert-tetragonales Gitter mit dem Achsenverhältnis $\frac{c}{a} = 1.10$. Unter Benutzung der quadratischen Form für das tetragonale System

$$\sin^2 \vartheta = \frac{\lambda^2}{4a^2} (h^2 + k^2 + \frac{a^2}{c^2} l^2)$$

und dem aus den Hull'schen Kurven erhaltenen Achsenverhältnis $\frac{c}{a} = 1.10$ lassen sich die Kantenlängen a und c des Elementarkörpers berechnen. Der aus den verschiedenen Linien errechnete Mittelwert beträgt für

$$a_m = 11.34 \text{ Å}$$

und für

$$c_m = 12.47 \text{ Å}.$$

Eine Dichtebestimmung zur Ermittlung der Atome pro Gitterzelle versprach wegen der Anwesenheit des Monocalciumferrits keinen Erfolg.

Ebenso unterblieb der zweite Teil der Strukturbestimmung, die Ermittlung der Lage der Atome in der Gitterzelle, da bei dem Fehlen von größeren Kristallen das Material zur Bestimmung einer Raumgruppe nicht ausreicht. Nach der Bestimmung des Elementarkörpers, d. h. der Größe und Form der Gitterzelle, mußte daher die Strukturbestimmung abgebrochen werden.

Untersuchung über das System Fe_2O_3 : 10CaO bezw. 3CaO nach der Reduktion.

Bei einem Vergleich der Abbauprodukte des kalkreicheren Systems Fe_2O_3 : 10CaO erkennen wir sofort eine große Übereinstimmung in der Lage ihrer Debyeringe. Wir treffen in allen Diagrammen die stark ausgeprägten Linien des CaO wieder an, daneben aber auch noch schwächere Linien, die nach ihrer Lage den Interferenzen des Dicalciumferrits entsprechen, den wir bereits durch einfaches Glühen der kalkreichen Oxydgemische ohne Reduktion mit CO festgestellt hatten. Eine neue Bodenphase ist also bei dem Abbau dieses sehr kalkreichen Körpers nicht aufgetreten.

Bei der Reduktion des Bodenkörpers vor der Konzentration $3CaO . Fe_2O_3$ bis zu einem CO_2-Gehalt der Gasphase von 23.6% und dem Teilstrich 26.15 erhalten wir ein Liniensystem, das einem verengten Dicalciumferritgitter entsprechen könnte. Ob in diesem Falle die Einengung des Gitters auf einer Mischkristallbildung des Dicalciumferrits mit der neuen Bodenphase beruht, kann nicht entschieden werden; die Möglichkeit dazu besteht.

Die Frage allerdings, in wie weit sich die Ergebnisse der röntgenographischen Bestimmungen, die nur bei Zimmertemperatur durchgeführt werden konnten, da die technische Möglichkeit für die Aufnahme derartiger Körper bei hohen Temperaturen fehlte, auf die Verhältnisse bei den Temperaturen der Reduktion übertragen lassen, muß hier offen gelassen werden. Immerhin können sie einen Anhaltspunkt für die Vorgänge bei der Reduktion kalkhaltiger Eisenoxyde bieten.

Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse.

System $Fe_2O_3 : ZnO$.

Der Zinkferrit $ZnO . Fe_2O_3$ ist ein Spinell. Er besitzt ein flächenzentriert-kubisches Gitter. Seine Kantenlänge a beträgt 8.40 Å. Er gehört zur Raumgruppe O_h^7 mit dem Gittertyp K_{10}.

System $Fe_2O_3 : MgO$.

Auch der Magnesiaferrit $MgO . Fe_2O_3$ ist ein Spinell. Sein Gitter ist flächenzentriert-kubisch mit einer Kantenlänge a = 8.37 Å. Auch er gehört zur Raumgruppe O_h^7 mit dem Gittertyp K_{10}.

Systeme $Fe_2O_3 : Al_2O_3$ und $Fe_2O_3 : Cr_2O_3$.

Die Oxyde Fe_2O_3 und Al_2O_3 bilden wahrscheinlich nur in beschränktem Maße Mischkristalle. Fe_2O_3 und Cr_2O_3 bilden ebenfalls Mischkristalle. Zur Untersuchung der Lückenlosigkeit dieser Reihe reichte das Material nicht aus.

System $Fe_2O_3 : BeO$.

Das Berylliumoxyd verhält sich dem Eisenoxyd gegenüber völlig indifferent. Es entsteht weder eine neue Verbindung noch eine Mischkristallreihe.

System $Fe_2O_3 : CaO$.

Der Mono- und Dicalciumferrit gehören nicht zur Gruppe der Spinelle. Sie besitzen beide ein flächenzentriert-tetragonales Gitter mit dem Achsenverhältnis $\frac{c}{a} = 1.10$. Die Konstanten der Elementarzelle sind für den Monocalciumferrit:

$$a_m = 10.71 \text{ Å und}$$
$$c_m = 11.78 \text{ Å},$$

für den Dicalciumferrit:

$$a_m = 11.69 \text{ Å und}$$
$$c_m = 12.86 \text{ Å}.$$

System $Fe_2O_3 : Al_2O_3$. (reduziert).

Die Verbindung $FeO \cdot Al_2O_3$ gehört zu den Spinellen. Der Elementarkörper ist flächenzentiert-kubisch mit einer Kantenlänge von $a_m = 8.11$ Å. Seine Raumgruppe ist O_h^7, sein Gittertyp ist K_{10}.

System $Fe_2O_3 : Cr_2O_3$. (reduziert).

Der Chromeisenstein ist ein Spinell, dessen Kantenlänge $a_m = 8.33$ Å beträgt. Er besitzt ein flächenzentriert-kubisches Gitter mit der Raumgruppe O_h^7 und dem Gittertyp K_{10}.

System $Fe_2O_3 : CaO$. (reduziert).

Außer dem bereits bekannten Mono- und Dicalciumferrit tritt bei der Reduktion eine neue Phase auf. Der Körper ist flächenzentriert-tetragonal mit einem Achsenverhältnis $\frac{c}{a} = 1.10$. Die Konstanten der Elementarzelle sind

$$a_m = 11.34 \text{ Å und}$$
$$c_m = 12.47 \text{ Å}.$$

Die chemische Zusammensetzung entspricht vielleicht der Formel $CaO \cdot FeO \cdot Fe_2O_3$.

Herrn Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Dr. Dr. Schenck spreche ich für das rege Interesse und die fördernde Anregung bei meinen Untersuchungen meinen ergebensten Dank aus.

Zusammenstellung der Debyeogramme.

Debyeogramme des Systems Fe_2O_3 : ZnO.

Fe_2O_3.

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	ϑ beobacht.	Reflekt. Netzebene	$\sin^2\vartheta$ beobacht.	$\sin^2\vartheta$ berechnet
1. = 2. β	s. s.	61.1	59.6	13.87°	(110) β	0,0574	0,0568
2.	s.	67.1	65.6	15.28°	(110)	0,0694	0,0692
3. = 5. β	s.	82.9	81.4	18.99°	(211) β	0,105	0,105
4. = 6. β	s.	88.8	87.3	20.41°	(10$\bar{1}$) β	0,121	0,121
5.	st.	91.5	90.0	21.05°	(211)	0,129	0,128
6.	st.	98.1	96.6	22.63°	(10$\bar{1}$)	0,148	0,148
7. = 8. β	s.	101.5	100.0	23.45°	(210) β	0,158	0,158
8.	st.	112.3	121.0	26.07°	(210)	0,193	0,192
9. = 11. β	s.	122.5	110.8	28.48°	(220) β	0,227	0,227
10. = 12. β	s.	133.9	132.4	31.17°	(321) β	0,267	0,268
11.	st.	136.2	134.7	31.71°	(220)	0,276	0,276
12.	st.	149.2	147.7	34.94°	(321)	0,327	0,326
13. = 15. β	s.	154.9	153.4	36.32°	(310) β	0,350	0,348
14. = 16. β	m.	159.3	157.8	37.39°	(11$\bar{2}$) β	0,368	0,364
15.	st.	173.4	171.9	40.77°	(310)	0,426	0,424
16.	st.	178.0	176.5	41.86°	(11$\bar{2}$)	0,445	0,444
17. = 20. β	s. s.	188.3	186.8	44.34°	(20$\bar{2}$) β	0,488	0,486
18.	s.	194.8	193.3	45.90°	(422)	0,515	0,515
19.	st.	202.3	200.8	47.70°	(433)	0,547	0,545
20.	st.	213.2	211.7	50.40°	(20$\bar{2}$)	0,593	0,592
21.	s.	220.8	219.3	52.21°	(411) (330)	0,624	0,622
22.	s.	224.1	222.6	53.00°	(31$\bar{1}$)	0,637	0,635
23.	st.	231.0	229.5	54.65°	(431)	0,665	0,663
24.	st.	239.0	237.5	56.56°	(442)	0,696	0,693
25.	st.	246.0	244.5	58.23°	(32$\bar{1}$)	0,722	0,720
26.	st.	260.0	258.5	61.57°	(420)	0,773	0,770

Belichtungszeit: 10 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

$2Fe_2O_3 . ZnO.$

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s.	67.1	65.6	21.	st.	156.6	155.1
2.	s.	74.6	73.1	22.	m.	159.3	157.8
3.	st.	82.9	81.4	23.	st.	173.4	171.9
4.	m.	87.6	86.1	24.	st.	178.0	176.5
5.	s. s.	88.8	87.3	25.	s. s.	183.3	181.8
6.	st.	91.5	90.0	26.	s. s.	194.9	193.4
7.	st.	96.7	95,2	27.	m.	198.2	196.7
8.	m.	98.1	96.6	28.	m.	202.3	200.8
9.	s.	101.5	100.0	29.	st.	207.5	206.0
10.	s. s.	106.0	104.5	30.	s. s.	210.6	209.1
11.	m.	112.4	110.9	31.	m.	213.3	211.8
12.	m.	117.7	116.2	32.	s. s.	220.9	219.4
13.	s.	122.5	121.0	33.	s.	223.9	222.4
14.	s.	131.5	130.0	34.	s.	225.3	223.8
15.	s.	134.0	132.5	35.	m.	231.0	229.5
16.	st.	136.3	134.8	36.	m.	239.0	237.5
17.	m.	140.4	138.9	37.	st.	246.0	244.5
18.	m.	146.5	145.0	38.	st.	250.9	249,4
19.	st.	149.2	147.7	39.	s.	260.0	258.5
20.	m.	154.1	152.6	40.	st.	262.0	260.5

Belichtungszeit: 10 St. 40 KV u. 5 MA. max.

$Fe_2O_3 . ZnO$.

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s. s.	67.1	65.6	21.	st.	156.6	155.1
2.	s.	74.6	73.1	22.	s.	159,2	157.7
3.	st.	82.9	81.4	23.	st.	173.2	171.7
4.	m.	87.7	86.2	24.	st.	178.0	176.5
5.	s. s.	88.8	87.3	25.	s. s.	183.3	181.8
6.	m.	91.5	90.0	26.	s. s.	194.9	193.4
7.	st.	96,6	95.1	27.	m.	198.1	196.6
8.	m.	98.1	96.6	28.	s.	202.3	200.8
9.	s.	101.5	100.0	29.	st.	207.4	205.9
10.	s. s.	106.0	104.5	30.	s.	210.6	209.1
11.	s.	112.4	110.9	31.	s.	213.5	212.0
12.	st.	117.7	116,2	32.	s. s.	220.9	219.4
13.	s. s.	122.5	121.0	33.	s.	223.9	222.4
14.	s.	131.5	130.0	34.	s.	225.1	223.6
15.	s.	134.0	132.5	35.	s.	231.0	229.5
16.	m.	136.2	134.7	36.	m.	239.0	237.5
17.	m.	140.4	138.9	37.	m.	246.0	244.5
18.	m.	146.6	145.1	38.	st.	251.0	249.5
19.	st.	149.2	147.7	39.	s.	260.0	258.5
20.	m.	154.2	152.7	40.	st.	262.0	260.5

Belichtungszeit: 10 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

$Fe_2O_3 . 10ZnO.$

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s. s.	74.6	73.1	19.	st.	174.8	173.3
2.	s.	79.5	78.0	20.	s.	185.2	183.7
3.	s.	82.8	81.3	21.	st.	190.0	188.5
4.	s.	86.0	84.5	22.	m.	193.5	192.0
5.	st.	87.6	86.1	23.	s. s.	197.9	196.4
6.	m.	90.5	89.0	24.	s.	204.3	202.8
7.	m.	95.0	93.5	25.	s.	207.3	205.8
8.	m.	96.7	95.2	26.	s. s.	210.5	209.0
9.	st.	100.0	98.5	27.	m.	218.5	217.0
10.	m.	118.0	116.5	28.	s.	226.8	225.3
11.	st.	131.0	129.5	29.	s.	233.4	231.9
12.	m.	140.5	139.0	30.	s. s.	235.6	234.1
13.	s.	146.4	144.9	31.	s.	243.3	241.8
14.	s. s.	154.0	152.5	32.	s.	250.9	249.4
15.	st.	156.5	155.0	33.	s. s.	253.4	251.9
16.	s. s.	164.8	163.3	34.	m.	262.0	260.5
17.	s.	168.9	167.4	35.	st.	264.0	262.5
18.	m.	172.6	171.1				

Belichtungszeit: 10 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

ZnO.

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	ϑ beobacht.	Reflekt. Netzebene	$\sin^2\vartheta$ beobacht.	$\sin^2\vartheta$ berechnet
1. = 3. β	m.	79.5	78.0	18.19°	(100) β	0,0973	0,0987
2. = 5. β	m.	86.0	84.5	19.73°	(002) β	0,114	0,115
3.	st.	87.7	86.2	20.14°	(100)	0,118	0,120
4. = 6. β	m.	90.3	88.8	20.77°	(101) β	0,125	0,127
5.	st.	94.8	93.3	21.84°	(002)	0,137	0,140
6.	st.	99.9	98.4	23.07°	(101)	0,153	0,155
7. = 8. β	m.	118.0	116.5	27.41°	(102) β	0,212	0,214
8.	st.	130.0	129.3	30.44°	(102)	0,256	0,261
9. = 10. β	m.	140.4	138.9	32.74°	(110) β	0,292	0,296
10.	st.	156.5	155.0	36.70°	(110)	0,357	0,361
11. = 15. β	s. s.	164.8	163.3	38.71°	(020) β	0,391	0,395
12. = 16. β	m.	168.7	167.2	39.64°	(112) β	0,406	0,411
13. = 17. β	s.	172.2	170.7	40.48°	(021) β	0,421	0,424
14.	st.	174.9	173.4	41.13°	(103)	0,432	0,438
15.	m.	185.3	183.8	43.62°	(020)	0,475	0,481
16.	st.	190.1	188.6	44.77°	(112)	0,495	0,501
17.	m.	193.5	192.0	45.59°	(021)	0,510	0,516
18.	s.	204.3	202.8	48.21°	(004)	0,556	0,562
19.	m.	218.5	217.0	51.66°	(202)	0,615	0,622
20. = 25. β	s.	226.8	225.3	53.64°	(203) β	0,648	0,654
21.	s.	233.4	231.9	55.22°	(113)	0,674	0,677
22. β	s. s.	235.5	234.0	55.72°	(120) β	0,682	0,691
23. β	s.	243.3	241.8	57.58°	(121) β (005) β	0,712	0,720 0,721
24. β	s. s.	253.4	251.9	59.98°	(114) β	0,749	0,758
25.	st.	264.0	262.5	62.76°	(203)	0,790	0,797

Belichtungszeit: 10 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

Debyeogramme des Systems Fe_2O_3:MgO.

$2Fe_2O_3 . MgO$.

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s. s.	61.0	59.5	20.	s.	159.1	157.6
2.	s.	67.0	65.5	21.	st.	173.5	172.0
3.	s. s.	75.0	73.5	22.	m.	178.0	176.5
4.	m.	83.0	81.5	23.	s. s.	188.0	186.5
5.	s.	88.8	87.3	24.	s. s.	195.0	193.5
6.	st.	91.5	90.0	25.	s. s.	199,3	197.8
7.	st.	98.0	96.5	26.	m.	202.5	201.0
8.	s. s.	101.5	100.0	27.	m.	208.9	207.4
9.	s. s.	106.6	105.1	28.	m.	213.5	212.0
10.	m.	112.3	110.8	29.	s. s.	220.9	219.4
11.	st.	118.0	116.5	30.	s.	225.0	223.5
12.	s.	122.5	121.0	31.	s. s.	227.0	225.5
13.	s.	134.0	132.5	32.	m.	231.0	229.5
14.	st.	136.3	134.8	33.	m.	239.0	237.5
15.	s. s.	141.0	139.5	34.	s. s.	241.0	239.5
16.	s. s.	147.2	145.7	35.	st.	246.0	244.5
17.	st.	149.3	147.8	36.	s.	253.0	251.5
18.	m.	155.2	153.7	37.	m.	260.0	258.5
19.	m.	157.4	155.9	38.	st.	264.3	262.8

Belichtungszeit: 10 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

Fe_2O_3 . MgO.

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s.	67.1	65.6	19.	s. s.	159.2	157.7
2.	s.	75.0	73.5	20.	st.	173.5	172.0
3.	st.	83.1	81.6	21.	m.	178.0	176.5
4.	m.	88.6	87.1	22.	s. s.	195.1	193.6
5.	m.	91.4	89.9	23.	s.	199.5	198.0
6.	st.	97.8	96.3	24.	s.	202.5	201.0
7.	s. s.	101.5	100.0	25.	st.	209.0	207.5
8.	s.	106.6	105.1	26.	s. s.	213.5	212.0
9.	s.	112.2	110.7	27.	s. s.	220.8	219.3
10.	st.	118.1	116.6	28.	s.	225.0	223.5
11.	s. s.	122.5	121.0	29.	s. s.	227.0	225.5
12.	s. s.	134.0	132.5	30.	s.	231.0	229.5
13.	m.	136.2	134.7	31.	s.	239.0	237.5
14.	m.	141.0	139.5	32.	s. s.	241.0	239.5
15.	m.	147.0	145.5	33.	m.	246.0	244.5
16.	st.	149.3	147.8	34.	m.	253.0	251.5
17.	m.	155.0	153.5	35.	m.	260.0	258.5
18.	st.	157.5	156.0	36.	st.	264.4	262.9

Belichtungszeit: 10 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

Fe_2O_3 . 10MgO.

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s.	83.1	81.6	13.	st.	154.5	153.0
2.	s.	88.6	87.1	14.	m.	157.5	156.0
3.	s.	91.5	90.0	15.	st.	173.4	171.9
4.	m.	97.8	96.3	16.	s. s.	177.8	176.3
5.	s.	101.5	100.0	17.	s.	186.0	184.5
6.	m.	106.4	104.9	18.	m.	196.6	195.1
7.	s. s.	112.2	110.7	19.	m.	211.0	209.5
8.	st.	118.0	116.5	20.	st.	224.0	222.5
9.	s. s.	136.2	134.7	21.	s.	239.2	237.7
10.	s. s.	141.0	139.5	22.	s. s.	241.0	239.5
11.	s. s.	147.1	145.6	23.	s.	253.0	251.5
12.	s. s.	149.1	147.6	24.	m.	264.4	262.9

Belichtungszeit: 10 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

MgO.

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	ϑ beobacht.	Reflekt. Netzebene	$\sin^2\vartheta$ beobacht.	$\sin^2\vartheta$ berechnet
1.	s.	101.5	100.0	23.80°	(111)	0,162	0,159
2. = 3. β	m.	106.5	105.0	24.78°	(002) β	0,175	0,174
3.	st.	118.0	116.5	27.42°	(002)	0,212	0,212
4. = 5. β	m.	154.5	153.0	36.22°	(022) β	0,349	0,348
5.	st.	173.4	171.9	40.77°	(022)	0,426	0,424
6. = 8. β	s.	186.0	184.5	43.78°	(113) β	0,478	0,479
7. = 9. β	m.	196.6	195.1	46.33°	(222) β	0,523	0,522
8.	st.	211.0	209.5	49.86°	(113)	0,584	0,583
9.	st.	224.0	222.5	52.98°	(222)	0,637	0,636
10. β	m.	239.1	237.6	56.58°	(004) β	0,696	0,696

Belichtungszeit: 10 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

Debyeogramme des Systems $Fe_2O_3 : Al_2O_3$.

$1.5Fe_2O_3 . Al_2O_3$.

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s. s.	61.2	59.7	19.	s.	155.4	153.9
2.	s.	67.5	66.0	20.	m.	157.9	156.4
3.	s. s.	70.5	69.0	21.	m.	160.0	158.5
4.	s.	83.5	82.0	22.	s. s.	164.5	163.0
5.	s. s.	89.0	87.5	23.	s. s.	168.3	166.8
6.	st.	91.8	90.3	24.	st.	174.2	172.7
7.	s.	96.0	94.5	25.	st.	178.8	177.3
8.	st.	98.3	96.8	26.	s.	184.2	182.7
9.	s.	101.8	100.3	27.	m.	189.0	187.5
10.	s.	103.0	101.5	28.	s. s.	196.0	194.5
11.	m.	113.0	111.5	29.	st.	203.6	202.1
12.	s.	118.2	116.7	30.	st.	214.5	213.0
13.	s.	122.8	121.3	31.	s. s.	222.3	220.8
14.	s.	134.4	132.9	32.	s. s.	225.0	223.5
15.	st.	136.7	135.2	33.	st.	232.0	230.5
16.	s. s.	141.5	140.0	34.	st.	240.2	238.7
17.	s.	143.5	142.0	35.	st.	247.0	245.5
18.	st.	150.0	148.5	36.	st.	261.0	259.5

Belichtungszeit: 10 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

$3Al_2O_3 . Fe_2O_3$.

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s.	67.5	66.0	20.	st.	150.0	148.5
2.	s.	70.5	69.0	21.	st.	157.9	156.4
3.	s. s.	83.1	81.5	22.	s. s.	160.0	158.5
4.	s. s.	87.3	85.8	23.	s. s.	164.3	162.8
5.	s. s.	89.1	87.6	24.	s. s.	168.5	167.0
6.	st.	92.0	90.5	25.	st.	174.3	172.8
7.	s.	96.0	94.5	26.	st.	179.0	177.5
8.	st.	98.5	97.0	27.	st.	184.4	182.9
9.	s. s.	102.0	100.5	28.	st.	189.2	187.7
10.	s. s.	103.0	101.5	29.	s. s.	196.0	194.5
11.	s. s.	106.8	105.3	30.	st.	203.8	202.3
12.	st.	113.0	111.5	31.	m.	214.5	213.0
13.	st.	118.3	116.8	32.	m.	216.0	214.5
14.	s. s.	123.0	121.5	33.	s. s.	222.5	221.0
15.	s. s.	129.0	127.5	34.	s.	228.0	226.5
16.	s. s.	134.5	133.0	35.	s.	232.1	230.6
17.	st.	136.9	135.4	36.	st.	240.3	238.8
18.	s.	141.5	140.0	37.	st.	247.2	245.7
19.	m.	143.7	142.2	38.	st.	261.0	259.5

Belichtungszeit: 10 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

$10Al_2O_3 . Fe_2O_3$.

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s.	70.6	69.1	12.	m.	169.4	167.9
2.	s.	87.4	85.9	13.	st.	185.2	183.7
3.	st.	96.5	95.0	14.	st.	190.0	188.5
4.	s.	103.4	101.9	15.	st.	218.0	216.5
5.	s. s.	107.2	105.7	16.	s. s.	223.5	222.0
6.	st.	118.9	117.4	17.	m.	230.3	228.8
7.	s.	129.8	128.3	18.	m.	242.5	241.0
8.	m.	142.0	140.5	19.	m.	250.8	249.3
9.	m.	144.3	142.8	20.	m.	260.0	258.5
10.	st.	158.7	157.2	21.	m.	268.7	267.2
11.	m.	164.4	162.9				

Belichtungszeit: 10 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

Al_2O_3.

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	ϑ beobacht.	Reflekt. Netzebene	$\sin^2\vartheta$ beobacht.	$\sin^2\vartheta$ berechnet
1.	s.	71.0	69.5	16.19°	(110)	0,0776	0,0923
2. = 3. β	s. s.	87.8	86.3	20.17°	(211) β	0,118	0,118
3.	m.	96.8	95.3	22.31°	(211)	0,144	0,144
4.	m.	103.6	102.1	24.03°	(10$\bar{1}$)	0,165	0,156
5. = 6. β	s.	107.4	105.9	24.89°	(210) β	0,177	0,177
6.	st.	119.3	117.8	27.72°	(210)	0,216	0,216
7. = 9. β	s. s.	130.2	128.7	30.30°	(220) β	0,254	0,254
8. = 10. β	s.	142.6	141.1	33.29°	(321) β	0,301	0,300
9.	st.	145.0	143.5	33.89°	(220)	0,310	0,310
10.	st.	159.3	157.8	37.39°	(321)	0,369	0,366
11. = 13. β	s.	165.3	163.8	38.83°	(310) β	0,393	0,390
12. = 14. β	m.	169.9	168.4	39.93°	(11$\bar{2}$) β	0,412	0,408
13.	st.	185.6	184.1	43.69°	(310)	0,477	0,476
14.	st.	190.7	189.2	44.91°	(11$\bar{2}$)	0,498	0,497
15.	st.	219.0	217.5	51.78°	(432)	0,617	0,616
16. = 20. β	s. s.	224.8	223.3	53.17°	(442) β	0,640	0,638
17.	m.	231.0	229.5	54.65°	(20$\bar{2}$)	0,665	0,663
18.	m.	243.8	242.3	57.70°	(31$\bar{1}$)	0,714	0,675
19.	m.	251.9	250.4	59.64°	(431)	0,744	0,743
20.	m.	261.5	260.0	61.93°	(442)	0,778	0,777
21.	m.	270.6	269.1	64.09°	(32$\bar{1}$)	0,809	0,806

Belichtungszeit: 10 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

Debyeogramme des Systems $Fe_2O_3 . Cr_2O_3$.

$3Fe_2O_3 . Cr_2O_3$.

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	m.	67.2	65.7	13.	m.	159.4	157.9
2.	m.	83.0	81.5	14.	st.	173.5	172.0
3.	s.	88.8	87.3	15.	st.	178.0	176.5
4.	st.	91.5	90.0	16.	s.	195.5	194.0
5.	st.	98.1	96.6	17.	st.	203.0	201.5
6.	s.	101.5	100.0	18.	st.	213.6	212.1
7.	st.	112.3	110.8	19.	s.	224.4	222.9
8.	s.	122.5	121.0	20.	st.	231.5	230.0
9.	s.	134.0	132.5	21.	st.	239.6	238.1
10.	st.	136.2	134.7	22.	st.	246.5	245.0
11.	st.	149.4	147.9	23.	st.	260.5	259.0
12.	s.	154.9	153.4				

Belichtungszeit: 10 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

$Fe_2O_3 . 2Cr_2O_3$.

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s.	67.5	66.0
2.	s.	83.4	81.9
3.	s.	89.4	87.9
4.	st.	92.0	90.5
5.	st.	98.6	97.1
6.	m.	113.0	111.5
7.	s.	134.7	133.2
8.	m.	137.2	135.7
9.	st.	150.3	148.8
10.	s.	160.2	158.7
11.	st.	174.5	173.0
12.	st.	179.1	177.6
13.	m.	204.6	203.1
14.	s.	215.5	214.0
15.	m.	241.5	240.0
16.	s.	248.2	246.7
17.	s.	262.5	261.0

Belichtungszeit: 10 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

$Fe_2O_3 . 10Cr_2O_3$.

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s. s.	67.6	66.1
2.	s. s.	83.6	82.1
3.	s. s.	89.6	88.1
4.	st.	92.2	90.7
5.	st.	98.8	97.3
6.	m.	113.3	111.8
7.	s. s.	124.8	123.3
8.	s.	135.2	133.7
9.	m.	137.6	136.1
10.	st.	150.8	149.3
11.	st.	176.0	174.5
12.	st.	180.6	179.1
13.	m.	205.1	203.6
14.	s.	216.1	214.6
15.	s.	242.1	240.6
16.	s.	248.8	247.3
17.	s.	263.0	261.5

Belichtungszeit: 15 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

Cr_2O_3.

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	ϑ beobacht.	Reflekt. Netzebene	$\sin^2\vartheta$ beobacht.	$\sin^2\vartheta$ berechnet
1. = 3. β	s. s.	90.0	88.5	20.68°	(10$\bar{1}$) β	0,124	0,133
2.	m.	92.4	90.9	21.26°	(211)	0,131	0,139
3.	m.	99.3	97.8	22.91°	(10$\bar{1}$)	0,151	0,162
4.	s. s.	113.5	112.0	26.28°	(221)	0,196	0,191
5.	s. s.	115.0	113.5	26.71°	(222)	0,202	0,197
6. = 8. β	s.	135.5	134.0	31.54°	(322) β	0,273	0,266
7.	s.	137.9	136.4	32.11°	(220)	0,282	0,304
8.	st.	151.1	149.6	35.40°	(322)	0,335	0,323
9.	m.	176.2	174.7	41.44°	(333)	0,437	0,445
10.	m.	181.1	179.6	42.61°	(310)	0,458	0,466
11.	s. s.	206.2	204.7	48.67°	(422)	0,563	0,568

Belichtungszeit: 15 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

Debyeogramme des Systems Fe_2O_3 : BeO.

$2Fe_2O_3$. BeO.

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s. s.	60.8	59.3	16.	st.	149.2	147.7
2.	m.	67.0	65.5	17.	s.	154.8	153.3
3.	m.	82.8	81.3	18.	m.	159.3	157.8
4.	s.	88.7	87.2	19.	st.	173.4	171.9
5.	st.	91.2	89.7	20.	st.	178.0	176.5
6.	st.	98.0	96.5	21.	s. s.	188.2	186.7
7.	s.	101.4	99.9	22.	s.	194.9	193.4
8.	s. s.	105.8	104.3	23.	st.	202.3	200.8
9.	s. s.	108.4	106.9	24.	m.	213.2	211.7
10.	st.	112.2	110.7	25.	s. s.	220.7	219.2
11.	s. s.	120.2	118.7	26.	s.	224.1	222.6
12.	s.	122.4	120.9	27.	m.	231.0	229.5
13.	m.	133.9	132.4	28.	m.	239.0	237.5
14.	st.	136.2	134.7	29.	st.	246.0	244.5
15.	s. s.	142.5	141.0	30.	st.	260.0	258.5

Belichtungszeit: 10 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

Fe_2O_3 . BeO.

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s. s.	61.0	59.5	18.	s.	154.9	153.4
2.	m.	67.0	65.5	19.	m.	159.2	157.7
3.	m.	82.8	81.3	20.	st.	173.4	171.9
4.	s.	88.8	87.3	21.	st.	178.0	176.5
5.	st.	91.4	89.9	22.	s. s.	188.2	186.7
6.	st.	98.0	96.5	23.	s.	195.0	193.5
7.	s.	101.5	100.0	24.	st.	202.4	200.9
8.	s.	105.7	104.2	25.	st.	213.2	211.7
9.	s. s.	108.5	107.0	26.	s. s.	218.5	217.0
10.	st.	112.3	110.8	27.	s. s.	220.9	219.4
11.	s. s.	113.0	111.5	28.	s.	224.0	222.5
12.	s.	120.5	119.0	29.	m.	231.0	229.5
13.	s.	122.4	120.9	30.	m.	239.0	237.5
14.	m.	134.0	132.5	31.	s. s.	243.5	242.0
15.	st.	136.2	134.7	32.	st.	246.0	244.5
16.	s. s.	142.5	141.0	33.	st.	260.0	258.5
17.	st.	149.2	147.7				

Belichtungszeit: 10 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

Fe_2O_3 . 10 BeO.

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s. s.	61.0	59.5	18.	st.	149.2	147.7
2.	m.	67.0	65.5	19.	s. s.	154.8	153.3
3.	s.	82.8	81.3	20.	m.	159.2	157.7
4.	s.	88.8	87.3	21.	st.	173.4	171.9
5.	st.	91.5	90.0	22.	st.	177.9	176.4
6.	s.	95.5	94.0	23.	st.	195.0	193.5
7.	st.	98.0	96.5	24.	st.	202.3	200.8
8.	s.	101.4	99.9	25.	s.	213.2	211.7
9.	st.	105.7	104.2	26.	st.	218.5	217.0
10.	m.	108.5	107.0	27.	s. s.	224.0	222.5
11.	st.	112.2	110.7	28.	m.	231.0	229.5
12.	st.	113.0	111.5	29.	m.	239.0	237.5
13.	st.	120.4	118.9	30.	st.	243.4	241.9
14.	s. s.	122.3	120.8	31.	m.	246.0	244.5
15.	s.	133.9	132.4	32.	m.	250.0	248.5
16.	m.	136.0	134.5	33.	st.	260.0	258.5
17.	s.	142.4	140.9				

Belichtungszeit: 10 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

BeO.

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	ϑ beobacht.	Reflekt. Netzebene	$\sin^2\vartheta$ beobacht.	$\sin^2\vartheta$ berechnet
1. = 2. β	s.	95.5	94.0	22.00°	(100) β	0,140	0,140
2.	st.	105.7	104.2	24.48°	(100)	0,171	0,170
3. = 5. β	m.	108.5	107.0	25.15°	(101) β	0,181	0,180
4.	st.	113.0	111.5	26.23°	(002)	0,195	0,193
5.	st.	120.4	118.9	27.98°	(101)	0,220	0,219
6. = 7. β	s.	142.4	140.9	33.24°	(102) β	0,300	0,299
7.	m.	159.2	157.7	37.37°	(102)	0,368	0,364
8.	st.	195.0	193.5	45.95°	(110)	0,516	0,512
9.	st.	218.5	217.0	51.67°	(103)	0,615	0,606
10.	st.	243.4	241.9	57.61°	(020)	0,713	0,682
11.	m.	250.0	248.5	59.19°	(021)	0,737	0,731

Belichtungszeit: 10 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

Debyeogramme des Systems Fe_2O_3 : CaO.

$3Fe_2O_3$. CaO.

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s.	67.3	65.8	19.	m.	159.5	158.0
2.	s.	83.0	81.5	20.	s.	166.5	165.0
3.	s.	83.5	82.0	21.	m.	170.0	168.5
4.	s.	89.0	87.5	22.	st.	173.4	171.9
5.	st.	91.5	90.0	23.	st.	178.1	176.6
6.	s.	92.4	90.9	24.	s. s.	195.0	193.5
7.	st.	98.2	96.6	25.	s. s.	198.0	196.5
8.	s.	110.9	109.4	26.	st.	202.4	200.9
9.	m.	112.3	110.8	27.	s. s.	208.8	207.3
10.	s.	117.5	116.0	28.	m.	213.4	211.9
11.	s. s.	122.6	121.1	29.	s. s.	221.0	219.5
12.	s. s.	127.6	126.1	30.	s. s.	223.9	222.4
13.	s.	134.1	132.6	31.	m.	231.0	229.5
14.	st.	136.4	134.9	32.	s. s.	233.8	232.3
15.	s. s.	138.8	137.3	33.	st.	239.0	237.5
16.	st.	149.3	147.8	34.	st.	246.0	244.5
17.	s.	152.5	151.0	35.	s. s.	254.0	252.5
18.	s.	155.4	153.9	36.	st.	260.0	258.5

Belichtungszeit: 10 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

$1.5Fe_2O_3 . CaO.$

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s.	67.2	65.7	19.	m.	159.5	158.0
2.	s.	83.0	81.5	20.	s.	166.5	165.0
3.	s.	83.6	82.1	21.	st.	170.0	168.5
4.	s.	89.0	87.5	22.	st.	173.5	172.0
5.	st.	91.5	90.0	23.	st.	178.1	176.6
6.	s.	92.4	90.9	24.	s. s.	195.0	193.5
7.	st.	98.1	96.6	25.	s. s.	198.0	196.5
8.	s.	110.9	109.4	26.	st.	202.3	200.8
9.	s.	112.2	110.7	27.	s. s.	208.8	207.3
10.	s.	117.4	115.9	28.	m.	213.2	211.7
11.	s.	122.6	121.1	29.	s. s.	221.0	219.5
12.	s. s.	127.5	126.0	30.	s. s.	224.0	222.5
13.	s. s.	134.0	132.5	31.	m.	231.0	229.5
14.	st.	136.4	134.9	32.	s. s.	233.9	232.4
15.	s. s.	138.7	137.2	33.	st.	239.2	237.7
16.	st.	149.4	147.9	34.	st.	246.0	244.5
17.	s.	152.4	150.9	35.	s. s.	254.0	252.5
18.	s.	155.4	153.9	36.	st.	260.0	258.5

Belichtungszeit: 10 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

$Fe_2O_3 . CaO$.

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s.	67.2	65.7	22.	s.	166.4	164.9
2.	s.	83.1	81.6	23.	st.	170.0	168.5
3.	s.	83.5	82.0	24.	st.	173.4	171.9
4.	s.	89.0	87.5	25.	st.	178.2	176.7
5.	st.	91.6	90.1	26.	s. s.	184.5	183.0
6.	s.	92.5	91.0	27.	s. s.	188.0	186.5
7.	st.	98.1	96.6	28.	s.	195.0	193.5
8.	s.	102.8	101.3	29.	s.	198.0	196.5
9.	s.	111.0	109.5	30.	st.	202.3	200.8
10.	s.	112.2	110.7	31.	s.	209.0	207.5
11.	s.	117.5	116.0	32.	m.	213.3	211.8
12.	s.	122.6	121.1	33.	s. s.	221.0	219.5
13.	s. s.	127.6	126.1	34.	s. s.	224.0	222.5
14.	s. s.	134.0	132.5	35.	s.	231.1	229.6
15.	st.	136.4	134.9	36.	s.	233.9	232.4
16.	s.	138.9	137.4	37.	m.	239.2	237.7
17.	s.	144.3	142.8	38.	s.	242.2	240.7
18.	st.	149.2	147.7	39.	st.	246.0	244.5
19.	s.	152.4	150.9	40.	m.	254.0	252.5
20.	s. s.	155.2	153.7	41.	st.	260.0	258.5
21.	s.	159.3	157.8				

Belichtungszeit: 10 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

$Fe_2O_3 . 3CaO.$

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s.	67.0	65.5	18.	m.	163.7	162.2
2.	s.	80.5	79.0	19.	s.	165.9	164.4
3.	s.	83.0	81.5	20.	s.	168.0	166.5
4.	m.	88.7	87.2	21.	s. s.	173.5	172.0
5.	st.	91.5	90.0	22.	s.	178.9	177.4
6.	s.	93.6	92.1	23.	s. s.	184.5	183.0
7.	st.	102.8	101.3	24.	s.	188.4	186.9
8.	s.	113.0	111.5	25.	st.	196.6	195.1
9.	s.	115.4	113.9	26.	s.	221.0	219.5
10.	m.	119.0	117.5	27.	s.	224.0	222.5
11.	st.	128.0	126.5	28.	s.	227.6	226.1
12.	s.	133.2	131.7	29.	s.	232.2	230.7
13.	m.	135.5	134.0	30.	s.	235.6	234.1
14.	s.	144.5	143.0	31.	s. s.	243.5	242.0
15.	st.	148.7	147.2	32.	s. s.	246.5	245.0
16.	s. s.	156.2	154.7	33.	m.	260.0	258.5
17.	m.	160.0	158.5	34.	s.	268.0	266.5

Belichtungszeit: 10 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

$Fe_2O_3 . 10CaO.$

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	m.	89.0	87.5	12.	s.	163.5	162.0
2.	s.	91.5	90.0	13.	s.	167.9	166.4
3.	s.	93.0	91.5	14.	s. s.	173.5	172.0
4.	st.	103.0	101.5	15.	st.	178.9	177.4
5.	s. s.	119.2	117.7	16.	st.	188.4	186.9
6.	s.	128.0	126.5	17.	s.	196.6	195.1
7.	s.	133.6	132.1	18.	m.	227.6	226.1
8.	s. s.	135.5	134.0	19.	m.	232.2	230.7
9.	s. s.	144.5	143.0	20.	st.	260.0	258.5
10.	st.	148.9	147.4	21.	s.	268.0	266.5
11.	s.	160.0	158.5				

Belichtungszeit: 10 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

CaO.

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	ϑ beobacht.	Reflekt. Netzebene	$\sin^2\vartheta$ beobacht.	$\sin^2\vartheta$ berechnet
1. = 2. β	s. s.	80.6	79.1	18.44°	(111) β	0,0999	0,100
2.	m.	89.0	87.5	20.45°	(111)	0,122	0,122
3. = 4. β	m.	93.3	91.8	21.48°	(002) β	0,134	0,133
4.	st.	103.0	101.5	23.83°	(002)	0,163	0,163
5. = 6. β	m.	133.6	132.1	31.10°	(022) β	0,266	0,267
6.	st.	149.0	147.5	34.89°	(022)	0,327	0,326
7. = 9. β	s.	159.5	158.0	37.47°	(113) β	0,370	0,368
8. = 10. β	s.	168.0	166.5	39.48°	(222) β	0,404	0,401
9.	st.	179.0	177.5	42.10°	(113)	0,449	0,448
10.	st.	188.5	187.0	44.40°	(222)	0,489	0,489
11. = 13. β	s. s.	199.1	197.6	46.94°	(004) β	0,533	0,535
12. = 15. β	s.	224.0	222.5	53.00°	(313) β	0,637	0,636
13.	m.	227.6	226.1	53.85°	(004)	0,652	0,652
14. = 16. β	m.	232.2	230.7	54.95°	(024) β	0,670	0,669
15.	st.	260.0	258.5	61.71°	(313)	0,775	0,775
16.	m.	268.0	266.5	64.70°	(024)	0,817	0,815

Belichtungszeit: 10 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

$Fe_2O_3 . Al_2O_3$. [$CO_2 = 67\%$. T. = 135.]

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	korrigiert
1.	s.	70.6	69.1
2.	m.	78.0	76.5
3.	s.	82.9	81.4
4.	st.	91.6	90.1
5.	s.	101.2	99.7
6.	st.	112.0	110.5
7.	s.	132.4	130.9
8.	m.	138.3	136.8
9.	s.	145.5	144.0
10.	st.	147.8	146.3
11.	st.	163.4	161.9
12.	s. s.	173.1	171.6
13.	s.	187.5	186.0
14.	m.	196.8	195.3
15.	s. s.	212.5	211.0
16.	m.	215.5	214.0
17.	m.	241.5	240.0
18.	st.	253.5	252.0
19.	m.	276.0	274.5

Belichtungszeit: 15 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

$Fe_2O_3 . Al_2O_3$. [$CO_2 = 45\%$. T. = 100.]

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	korrigiert
1.	s. s.	70.6	69.1
2.	m.	78.0	76.5
3.	s.	82.9	81.4
4.	st.	91.6	90.1
5.	m.	111.9	110.4
6.	s.	132.4	130.9
7.	m.	138.3	136.8
8.	s.	145.6	144.1
9.	st.	147.9	146.4
10.	st.	163.4	161.9
11.	s.	187.6	186.1
12.	m.	197.0	195.5
13.	m.	241.5	240.0
14.	st.	253.5	252.0
15.	m.	276.0	274.5

Belichtungszeit: 15 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

$Fe_2O_3 . Cr_2O_3$. [$CO_2 = 6.2\%$. T. = 131.]

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s. s.	76.0	74.5
2.	s. s.	80.6	79.1
3.	st.	89.1	87.6
4.	s.	108.4	106.9
5.	s. s.	129.0	127.5
6.	s. s.	134.5	133.0
7.	s. s.	141.6	140.1
8.	m.	143.6	142.1
9.	st.	158.5	157.0
10.	s.	190.2	188.7
11.	s. s.	230.5	229.0
12.	m.	241.0	239.5
13.	s.	260.0	258.5

Belichtungszeit: 20 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

$Fe_2O_3 . Cr_2O_3$. [$CO_2 = 6.6\%$. T. = 127.8.]

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s. s.	76.0	74.5
2.	s. s.	80.6	79.1
3.	st.	89.1	87.6
4.	s.	108.4	106.9
5.	s. s.	129.0	127.5
6.	s. s.	134.5	133.0
7.	s. s.	141.6	140.1
8.	m.	143.6	142.1
9.	st.	158.5	157.0
10.	s.	190.2	188.7
11.	s. s.	230.5	229.0
12.	m.	241.0	239.5
13.	s.	260.0	258.5

Belichtungszeit: 20 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

$9Fe_2O_3 . Cr_2O_3$. [$CO_2 = 34.8\%$. T. = 190.]

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s.	75.8	74.3
2.	s.	80.6	79.1
3.	st.	89.0	87.5
4.	s.	101.1	99.6
5.	s.	108.4	106.9
6.	st.	112.1	110.6
7.	s.	128.9	127.4
8.	s.	134.5	133.0
9.	s.	141.5	140.0
10.	m.	143.5	142.0
11.	st.	158.4	156.9
12.	s.	165.1	163.6
13.	s.	190.2	188.7
14.	st.	215.6	214.1
15.	s.	230.4	228.9
16.	st.	240.5	239.5
17.	s.	259.9	258.4
18.	st.	280.5	279.0

Belichtungszeit: 20 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

$9Fe_2O_3 . Cr_2O_3$. [$CO_2 = 22.4\%$. T. = 310.]

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s. s.	75.8	74.3
2.	s. s.	80.6	79.1
3.	st.	89.0	87.5
4.	s.	101.3	99.8
5.	s.	108.4	106.9
6.	st.	112.1	110.6
7.	s. s.	128.9	127.4
8.	s. s.	134.3	132.8
9.	s. s.	141.6	140.1
10.	m.	143.5	142.0
11.	st.	158.3	156.8
12.	m.	165.0	163.5
13.	s. s.	190.2	188.7
14.	st.	215.6	214.1
15.	m.	241.0	239.5
16.	s.	259.9	258.4
17.	m.	280.5	279.0

Belichtungszeit: 20 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

$CaO \cdot 3Fe_2O_3$. [$CO_2 = 77.6\%$. T. = 52.3.]

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s.	77.0	75.5	14.	s.	143.5	142.0
2.	s.	81.0	79.5	15.	s.	147.2	145.7
3.	st.	84.3	82.8	16.	m.	150.1	148.6
4.	m.	90.3	88.8	17.	m.	154.7	153.2
5.	s.	95.0	93.5	18.	m.	159.3	157.8
6.	s. s.	100.4	98.9	19.	s.	168.7	167.2
7.	m.	102.7	101.2	20.	s.	180.0	178.5
8.	m.	105.4	103.9	21.	s.	183.0	181.5
9.	m.	107.6	106.1	22.	s.	187.5	186.0
10.	s.	115.0	113.5	23.	s.	237.4	235.9
11.	s. s.	117.0	115.5	24.	s.	240.4	238.9
12.	s.	135.0	133.5	25.	s.	244.2	242.7
13.	s. s.	138.5	137.0	26.	m.	255.0	253.5

Belichtungszeit: 15 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

$CaO \cdot 3Fe_2O_3$. [$CO_2 = 72.98\%$. T. = 81.21.]

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s.	77.0	75.5	16.	s.	143.5	142.0
2.	s.	81.0	79.5	17.	s.	147.1	145.6
3.	st.	84.2	82.7	18.	m.	150.0	148.5
4.	s.	85.3	83.8	19.	m.	152.3	150.8
5.	s.	90.3	88.8	20.	m.	154.9	153.4
6.	s. s.	92.5	91.0	21.	m.	159.1	157.6
7.	s.	94.9	93.4	22.	s.	168.8	167.3
8.	s.	97.0	95.5	23.	s.	180.0	178.5
9.	s.	100.4	98.9	24.	s.	183.0	181.5
10.	m.	102.7	101.2	25.	s.	185.0	183.5
11.	m.	105.5	104.0	26.	s.	187.3	185.8
12.	m.	107.4	105.9	27.	s.	237.4	235.9
13.	s.	115.0	113.5	28.	s.	240.4	238.9
14.	s. s.	117.0	115.5	29.	s.	244.2	242.7
15.	s.	135.0	133.5	30.	s.	255.0	253.5

Belichtungszeit: 15 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

$CaO \cdot 3Fe_2O_3$. [$CO_2 = 72.6\%$. T. = 88.5.]

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s. s.	77.0	75.5
2.	s.	81.0	79.5
3.	s. s.	85.5	84.0
4.	st.	88.0	86.5
5.	m.	90.2	88.7
6.	s.	99.0	97.5
7.	m.	102.7	101.2
8.	m.	107.5	106.0
9.	s. s.	138.5	137.0
10.	s.	140.8	139.3
11.	s. s.	143.5	142.0
12.	m.	149.8	148.3
13.	st.	155.0	153.5
14.	s. s.	168.7	167.2

Belichtungszeit: 15 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

$CaO \cdot 3Fe_2O_3$. [$CO_2 = 36.4\%$. T. = 117.3.]

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s. s.	77.1	75.6
2.	s. s.	81.3	79.6
3.	s.	85.3	83.8
4.	m.	88.2	86.7
5.	s.	91.3	88.8
6.	s.	99.3	97.8
7.	s. s.	101.9	100.4
8.	m.	104.2	102.7
9.	s. s.	105.6	104.1
10.	m.	107.9	106.4
11.	s. s.	138.4	136.9
12.	s.	141.3	139.8
13.	s. s.	145.4	143.9
14.	s.	149.6	148.1
15.	m.	155.0	153.5
16.	s. s.	159.0	157.5
17.	s.	168.8	167.3
18.	s.	190.8	189.3

Belichtungszeit: 20 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

$CaO \cdot 3Fe_2O_3$. [$CO_2 = 31.2\%$. T. = 161.7.]

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s.	77.0	75.5	9.	s.	107.4	105.9
2.	m.	81.3	79.8	10.	st.	117.0	115.5
3.	st.	84.2	82.7	11.	s.	146.0	144.5
4.	s.	88.1	86.6	12.	s.	149.2	147.7
5.	m.	90.2	88.7	13.	m.	152.3	150.8
6.	s.	99.1	97.6	14.	st.	155.0	153.5
7.	s.	104.1	102.6	15.	s.	168.7	167.2
8.	s.	105.4	103.9	16.	s.	180.0	178.5

Belichtungszeit: 15 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

$CaO \cdot 3Fe_2O_3$. [$CO_2 = 29.38\%$. T. = 371.76.] (α-Eisen.)

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	ϑ beobacht.	Reflekt. Netzebene	$\sin^2\vartheta$ beobacht.	$\sin^2\vartheta$ berechnet
1. = 2. β	m.	100.5	99.0	25.78°	(110) β	0.1892	0.1855
2.	st.	111.5	110.0	28.65°	(110)	0.2299	0.2261
3. = 4. β	s.	146.8	145.3	37.84°	(200) β	0.3762	0.3718
4.	st.	164.5	163.0	42.45°	(200)	0.4556	0.4522
5. = 6. β	m.	188.0	186.5	48.57°	(211) β	0.5621	0.5577
6.	st.	215.2	213.7	55.65°	(211)	0.6816	0.6784
7. = 8. β	s.	231.4	229.9	59.87°	(220) β	0.7480	0.7436
8.	st.	281.2	279.7	72.84°	(220)	0.9129	0.9045
9. β	m.	291.0	289.5	75.40°	(310) β	0.9364	0.9295

Belichtungszeit: 10 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

$CaO . Fe_2O_3$. [$CO_2 = 49.55\%$. T. = 43.57.]

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s.	77.0	75.5	13.	s.	149.9	148.4
2.	s.	81.0	79.5	14.	m.	152.8	151.3
3.	st.	84.3	82.8	15.	m.	154.9	153.4
4.	s.	87.8	86.3	16.	s.	159.2	157.7
5.	s.	89.7	88.2	17.	s.	168.8	167.3
6.	s.	100.5	99.0	18.	s.	180.3	178.8
7.	s.	102.7	101.2	19.	s.	183.0	181.5
8.	m.	107.5	106.0	20.	s.	202.0	200.5
9.	s.	115.3	113.8	21.	s.	213.6	212.1
10.	m.	117.0	115.5	22.	s.	240.5	239.0
11.	s.	123.8	122.3	23.	s.	255.0	253.5
12.	s.	135.4	133.9				

Belichtungszeit: 15 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

$CaO . Fe_2O_3$. [$CO_2 = 37.83\%$. T. = 56.]

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s. s.	77.0	75.5	14.	s. s.	131.5	130.0
2.	s.	81.0	79.5	15.	s. s.	138.5	137.0
3.	s.	83.2	81.7	16.	s.	140.8	139.3
4.	st.	84.2	82.7	17.	s.	146.0	144.5
5.	s.	86.0	84.5	18.	st.	154.8	153.3
6.	m.	87.8	86.3	19.	s. s.	168.8	167.3
7.	s.	90.0	88.5	20.	s.	180.0	178.5
8.	s. s.	98.9	97.4	21.	s.	185.0	183.5
9.	s.	100.5	99.0	22.	s.	189.0	187.5
10.	m.	102.7	101.2	23.	s.	202.0	200.5
11.	m.	107.5	106.0	24.	s.	213.6	212.1
12.	m.	116.9	115.4	25.	s.	237.5	236.0
13.	m.	123.6	122.1	26.	s.	255.0	253.5

Belichtungszeit: 15 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

$CaO \cdot Fe_2O_3$. [$CO_2 = 42.2\%$. T. = 65.]

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s. s.	77.0	75.5
2.	s.	81.2	79.7
3.	st.	84.5	83.0
4.	s. s.	86.3	84.8
5.	s.	88.4	86.9
6.	s.	99.5	98.0
7.	m.	102.7	101.2
8.	s. s.	105.6	104.1
9.	s.	107.7	106.2
10.	st.	117.0	115.5
11.	m.	123.7	122.2
12.	s. s.	138.4	136.9
13.	s. s.	141.3	139.8
14.	s.	145.8	144.3
15.	s.	150.3	148.8
16.	st.	155.0	153.5
17.	s.	168.8	167.3
18.	s.	180.3	178.8
19.	s.	190.8	189.3

Belichtungszeit: 20 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

$CaO \cdot Fe_2O_3$. [$CO_2 = 32.3\%$. T. = 95.]

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s.	81.0	79.5
2.	st.	84.2	82.7
3.	s.	86.3	84.8
4.	m.	90.3	88.8
5.	st.	105.3	103.8
6.	s.	107.8	106.3
7.	m.	117.0	115.5
8.	s.	121.0	119.5
9.	s.	123.5	122.0
10.	s. s.	131.5	130.0
11.	s.	146.0	144.5
12.	s.	150.0	148.5
13.	st.	152.8	151.3
14.	s.	180.0	178.5
15.	s.	185.0	183.5
16.	s.	213.6	212.1

Belichtungszeit: 15 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

$CaO . Fe_2O_3$. [$CO_2 = 22.7\%$. T. = 298.5.]

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s.	81.5	80.0	15.	m.	148.8	147.3
2.	m.	82.3	80.8	16.	s. s.	151.0	149.5
3.	s.	100.5	99.0	17.	s.	152.6	151.1
4.	s. s.	102.3	100.8	18.	s. s.	158.1	156.6
5.	s. s.	104.3	102.8	19.	m.	164.4	162.9
6.	s.	107.8	106.3	20.	s. s.	168.1	166.6
7.	st.	111.5	110.0	21.	m.	179.2	177.7
8.	m.	116.1	114.6	22.	m.	188.0	186.5
9.	s.	122.7	121.2	23.	st.	215.3	213.8
10.	s. s.	130.8	129.3	24.	s. s.	222.7	221.3
11.	s. s.	135.1	133.6	25.	s. s.	225.6	224.1
12.	s. s.	142.1	140.6	26.	s.	240.9	239.4
13.	m.	145.5	144.0	27.	s.	248.6	247.1
14.	s. s.	146.6	145.1	28.	m.	281.2	279.7

Belichtungszeit: 15 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

$10CaO . Fe_2O_3$. [$CO_2 = 23.7\%$. T. = 24.5.]

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s. s.	80.0	78.5	13.	s.	145.5	144.0
2.	s. s.	81.3	79.8	14.	s.	149.0	147.5
3.	s. s.	82.5	81.0	15.	s. s.	151.1	149.6
4.	s.	84.0	82.5	16.	s.	152.6	151.1
5.	st.	93.2	91.7	17.	m.	163.0	161.5
6.	s. s.	104.3	102.8	18.	m.	172.0	170.5
7.	s. s.	107.8	106.3	19.	s.	179.3	177.8
8.	m.	116.0	114.5	20.	s. s.	204.7	203.2
9.	m.	121.2	119.7	21.	m.	208.2	206.7
10.	s.	122.7	121.2	22.	s.	212.3	210.8
11.	st.	135.3	133.8	23.	m.	237.7	236.2
12.	s. s.	142.1	140.6	24.	s.	245.3	243.8

Belichtungszeit: 10 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

$10CaO \cdot Fe_2O_3$. [$CO_2 = 23.04\%$. T. = 63.1.]

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s. s.	82.5	81.0
2.	s. s.	84.3	82.8
3.	s. s.	104.5	103.0
4.	s. s.	107.4	105.9
5.	m.	116.0	114.5
6.	s. s.	120.0	118.5
7.	s. s.	122.6	121.1
8.	s. s.	131.0	129.5
9.	s.	135.5	134.0
10.	s. s.	142.0	140.5
11.	s. s.	145.3	143.8
12.	s. s.	149.0	147.5
13.	s.	152.5	151.0
14.	s. s.	172.0	170.5
15.	s.	179.3	177.8
16.	s. s.	182.0	180.5
17.	s.	212.6	211.1
18.	s. s.	223.0	221.5

Belichtungszeit: 15 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

$10CaO \cdot Fe_2O_3$. [$CO_2 = 22.39\%$. T. = 30.]

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	s. s.	81.3	79.8
2.	s. s.	82.5	81.0
3.	s.	84.0	82.5
4.	st.	93.3	91.8
5.	m.	116.1	114.6
6.	m.	121.2	119.7
7.	s.	122.7	121.2
8.	st.	135.3	133.8
9.	s.	145.3	143.8
10.	s.	148.8	147.3
11.	s.	163.0	161.5
12.	s.	171.8	170.3
13.	s.	179.3	177.8
14.	s.	208.0	206.5
15.	s.	212.3	210.8
16.	s.	237.7	236.2

Belichtungszeit: 15 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

$3CaO \cdot Fe_2O_3$. [$CO_2 = 23.6\%$. T. = 26.15.]

Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert	Reihenfolge der Linien	Intensität geschätzt	Ringdurchm. in mm gemessen	Ringdurchm. in mm korrigiert
1.	st.	84.5	83.0	9.	m.	147.0	145.5
2.	s.	109.5	108.0	10.	s.	152.0	151.3
3.	st.	118.3	116.8	11.	s. s.	170.5	169.0
4.	s.	121.6	120.1	12.	s. s.	174.3	172.8
5.	s.	125.0	123.5	13.	m.	181.2	179.7
6.	s. s.	133.0	131.5	14.	s.	203.6	202.1
7.	s. s.	137.1	135.6	15.	s.	216.5	215.0
8.	s.	145.6	144.1				

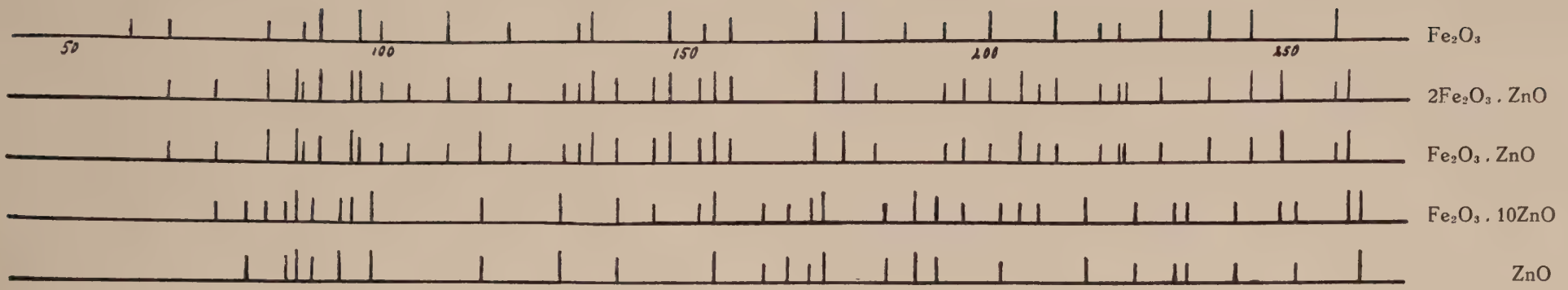
Belichtungszeit: 25 St. 40 KV. u. 5 MA. max.

Lebenslauf.

Am 20. Januar 1905 wurde ich als Sohn des Versandleiters Wilhelm Eilert zu Herne i. W. geboren. Nach dreijährigem Besuch der Elementarschule kam ich 1914 auf das humanistische Gymnasium in Herne, das ich 1923 mit dem Zeugnis der Reife verließ. Vom Sommer 23 bis zum Sommer 26 studierte ich an der Universität in München Chemie, Physik und Mineralogie, und bestand dort im Sommersemester 26 das erste chemische Verbandsexamen. Vom Wintersemester 26/27 bis zum Wintersemester 30/31 war ich bei der naturw.-philos. Fakultät der Universität Münster immatrikuliert. Dort bestand ich im W. S. 27/28 das zweite chemische Verbandsexamen. Anschließend arbeitete ich unter Leitung von Herrn Geheimrat Prof. Dr. R. Schenck an der vorliegenden Dissertation.

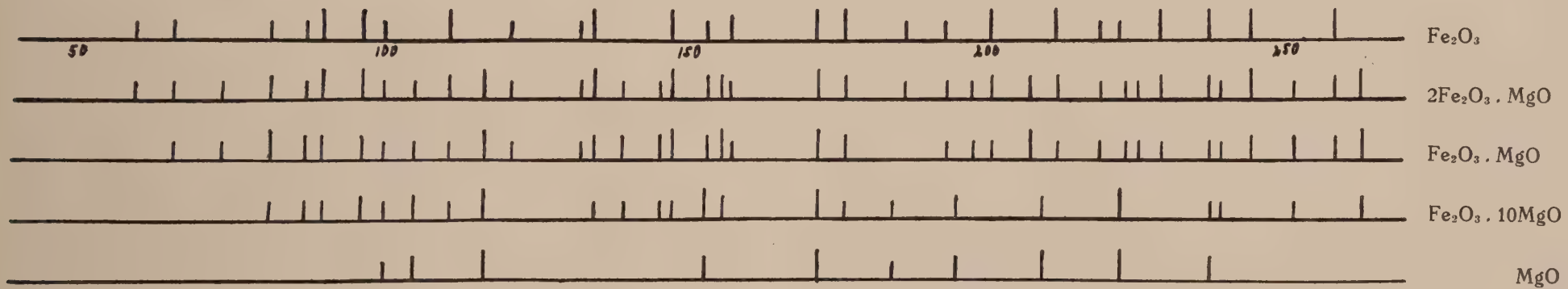
Tafel 1a.

System Fe_2O_3 — ZnO.



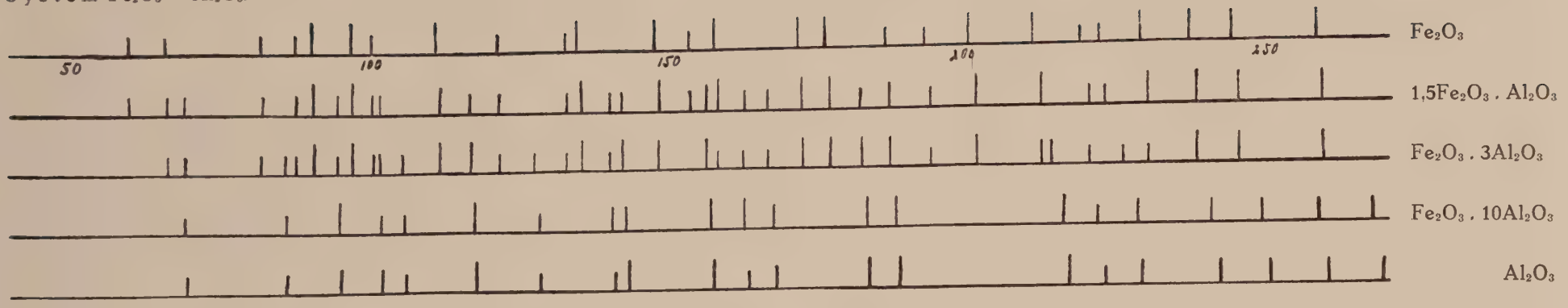
Tafel 1b.

System Fe_2O_3 — MgO.



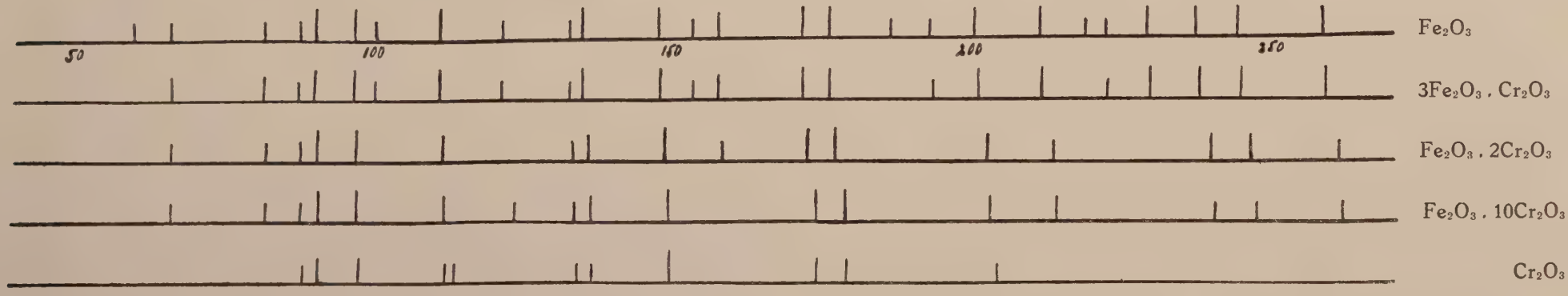
Tafel 2a.

System Fe_2O_3 — Al_2O_3.



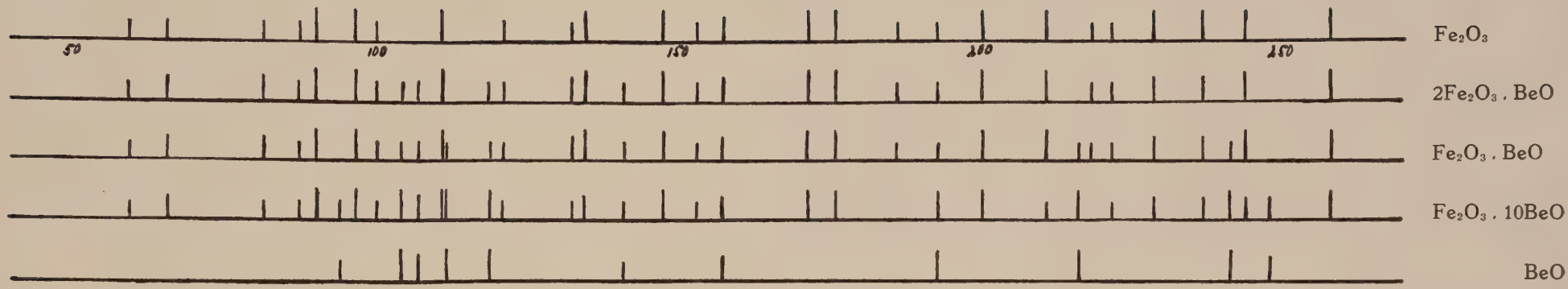
Tafel 2b.

System Fe_2O_3 — Cr_2O_3.



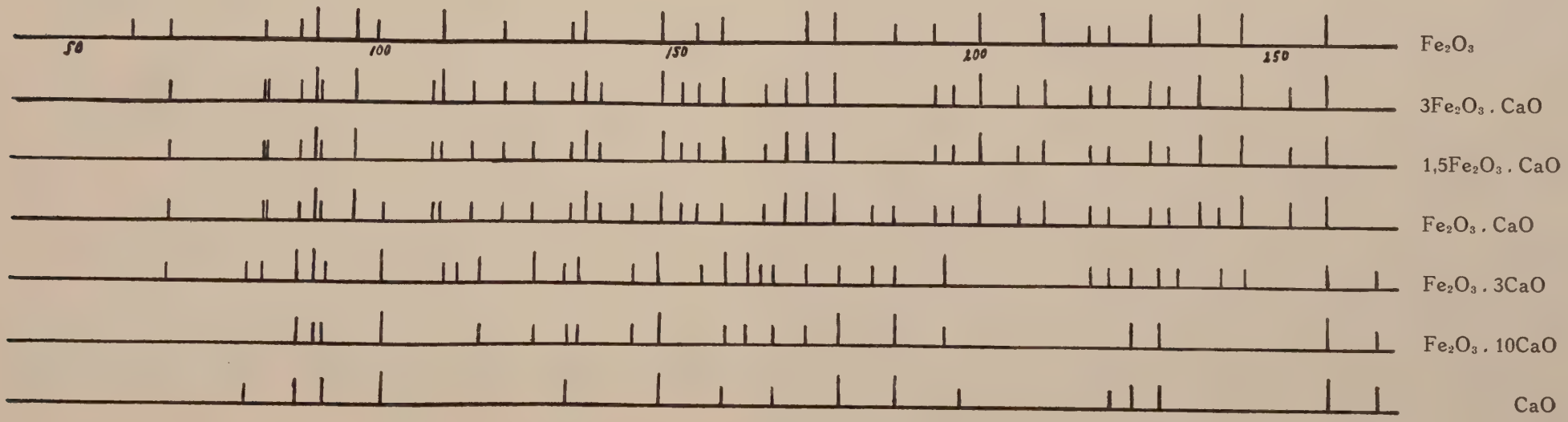
Tafel 3a.

System Fe_2O_3 — BeO.



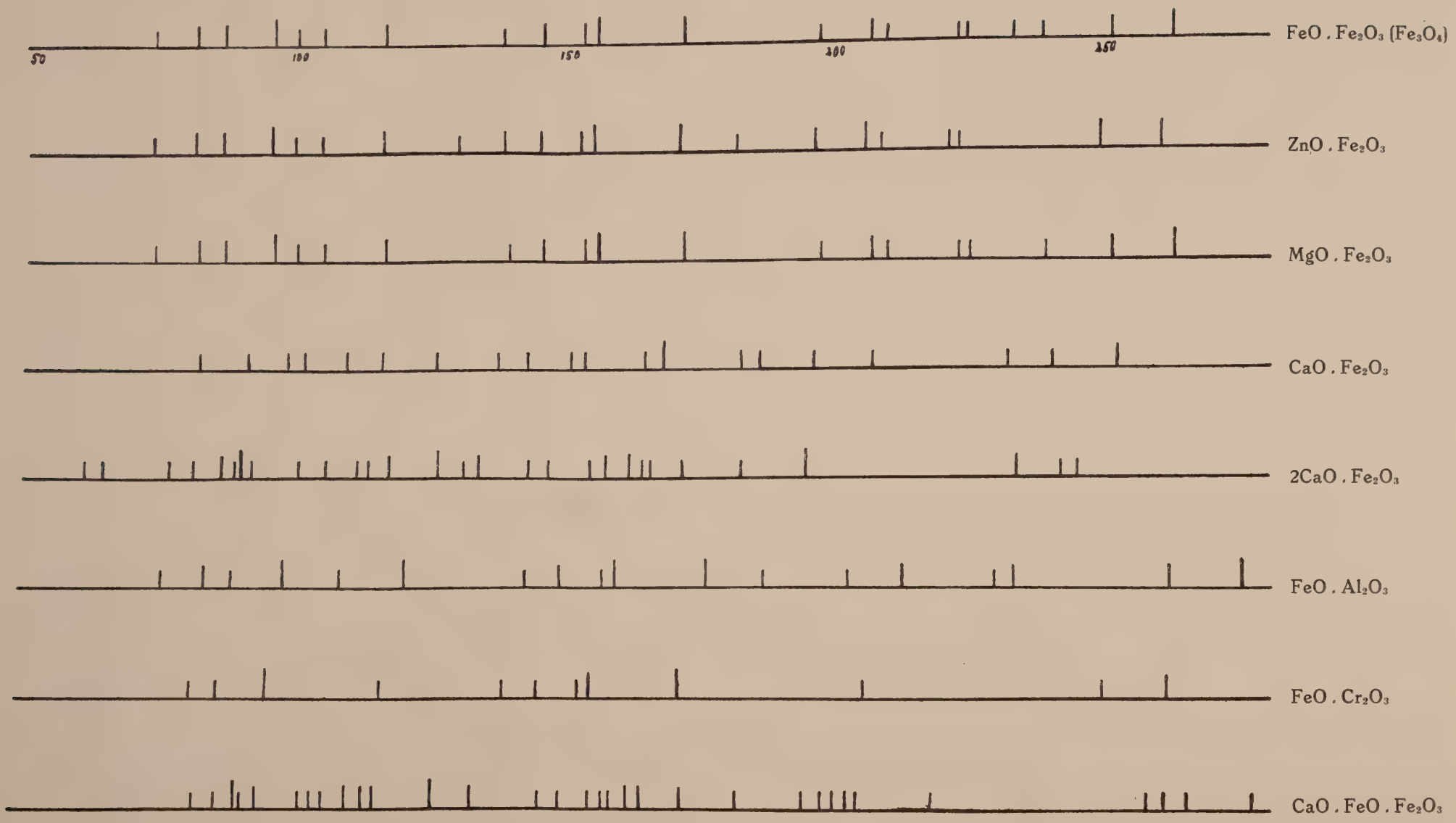
Tafel 3b.

System Fe_2O_3 — CaO.



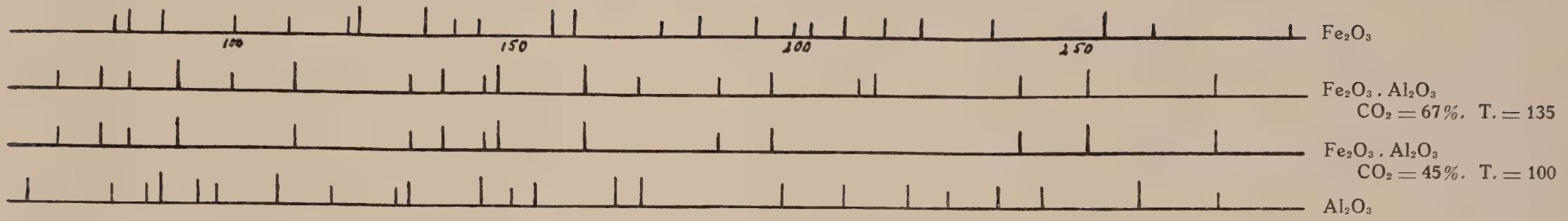
Tafel 4.

Vergleichende Zusammenstellung der Diagramme der Ferrite und Spinelle.



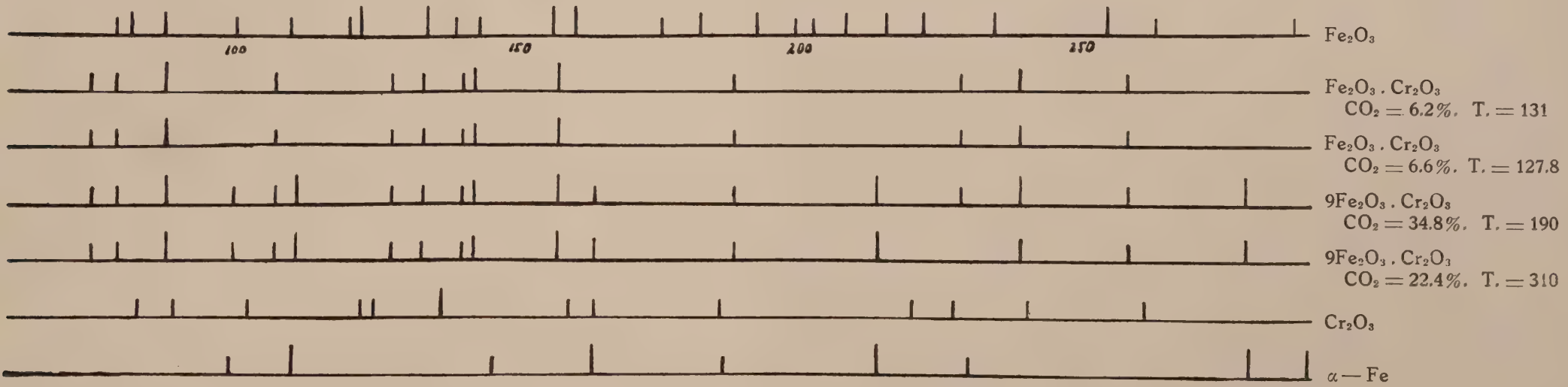
Tafel 5a.

Reduziertes System Fe_2O_3 — Al_2O_3.



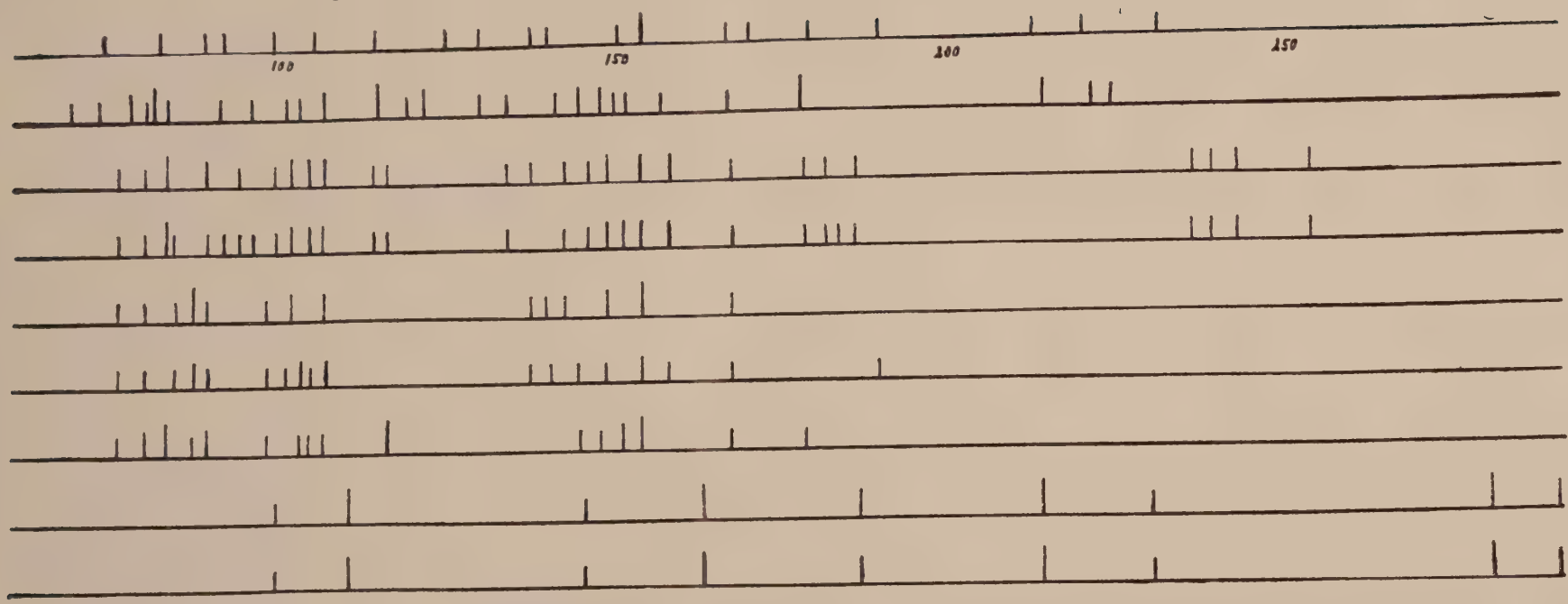
Tafel 5b.

Reduziertes System Fe_2O_3 — Cr_2O_3.



Tafel 6.

Reduzierte Bodenkörper des Systems $CaO : 3Fe_2O_3$.



$CaO . Fe_2O_3$

$2CaO . Fe_2O_3$

$CaO . 3Fe_2O_3$
$CO_2 = 77.6\%$. T. = 52.3

$CaO . 3Fe_2O_3$
$CO_2 = 72.98\%$. T. = 81.21

$CaO . 3Fe_2O_3$
$CO_2 = 72.6\%$. T. = 88.5

$CaO . 3Fe_2O_3$
$CO_2 = 36.4\%$. T. = 117.3

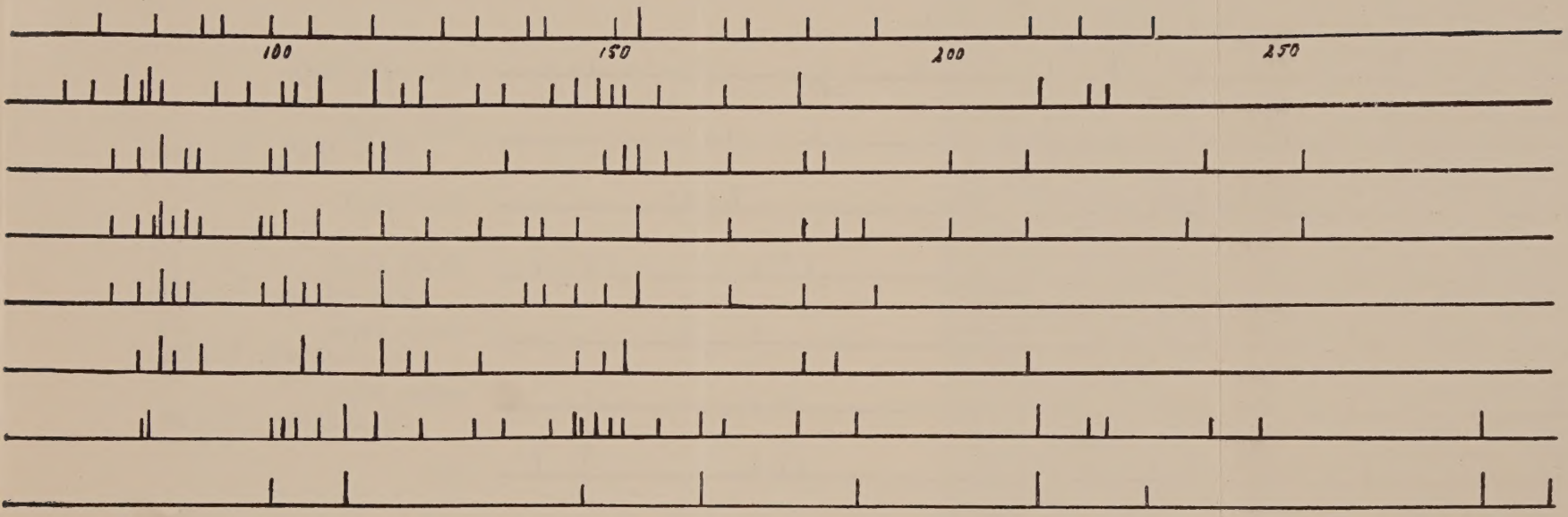
$CaO . 3Fe_2O_3$
$CO_2 = 31.2\%$. T. = 161.7

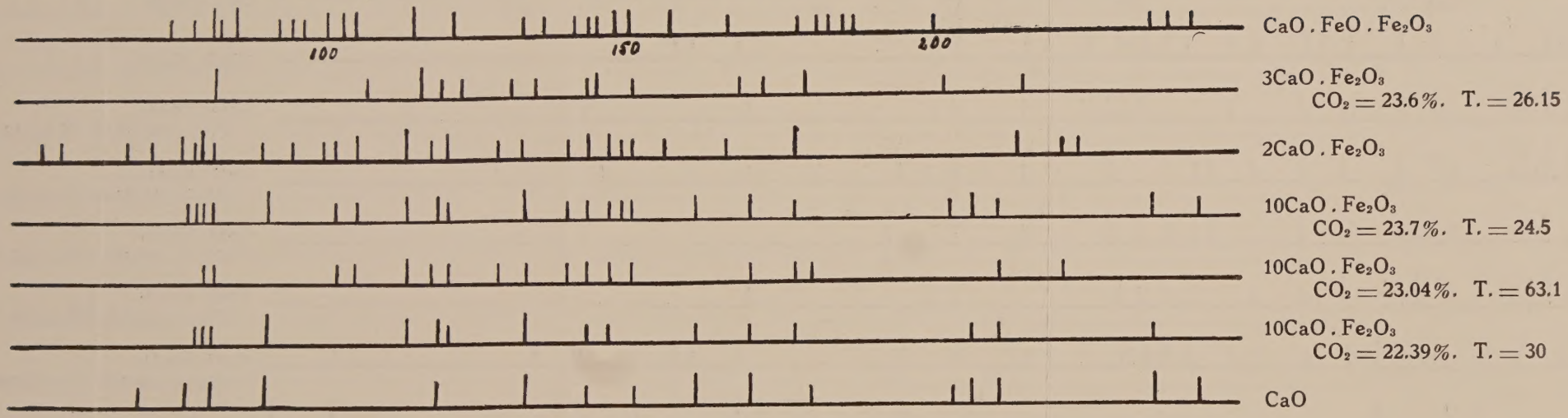
$CaO . 3Fe_2O_3$
$CO_2 = 29.38\%$. T. = 371.76

α — Fe

Tafel 7.

Reduzierte Bodenkörper des Systems Fe_2O_3 : CaO.



Tafel 8.

Reduzierte Bodenkörper der Systeme $3CaO : Fe_2O_3$ und $10CaO : Fe_2O_3$.